

Vesa Ruotsalainen

MAANTIEKULJETUSTEN KUORMANSI- DONNAN LÖYSTYMISEN TUTKIMINEN MITTAAMALLA

Opinnäytetyö
Logistiikkainsinööri

2020



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tekijä	Tutkinto	Aika
Vesa Ruotsalainen	Logistiikka Insinööri (AMK)	Helmikuu 2020
Opinnäytetyön nimi Maantiekuljetusten kuormansidonnän löystymisen tutkiminen mittaamalla		66 sivua 1 liitesivu
Toimeksiantaja		
Ohjaaja Suvi Johansson		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee kuormansidonnän löystymistä kuormansidontaliinojen kireyksiä mittaamalla. Löystymistä tutkittiin mittaamalla kuormansidonnässä käytettyjen kuormansidontaliinojen kireyttä. Mittaamiseen käytettiin Tenmet 500 -merkkistä, tähän tarkoitukseen valmistettua kuormaliinan kireysmittaria. Työssä esitellään yleisimmät kuormansidontaliinoja käyttävät kuormansidontamenetelmät, mutta pääpaino on ylitsesidontamenetelmässä ja tällä menetelmällä toteutettujen kuormansidontaliinojen kireyksien mittauksissa sekä kireyden muutoksen vaikutuksissa kuormansidontakykyyn.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tehtiin kolme erillistä tutkimusta. Kuormansidontaliinojen kireyksiä mitattiin Itä-Uudenmaan poliisin raskaan liikenteen valvonnan yhteydessä, sahatavarakuormilla ja betonisista pihalaatoista koostuvilla kuormilla.</p> <p>Mittaustuloksia vertailtiin erilaisten kuormansidontaohjeiden ja oppaiden, vallitsevan lainsäädännön ja standardien määrittelemien laskentatapojen kesken. Suomalaisessa lainsäädännössä ei kuormaliinan kireydelle ole määritetty mitään lukuarvoa. Laskennallisesti kuormaliinan kireydellä on merkitystä ylitsesidonnän kuormansidontakykyyn.</p> <p>Tuloksista kävi ilmi, että joissakin tapauksissa kuormansidonta löystyy ensimmäisen 100 kilometrin kuljetusmatkalla lähes puoleen alkuperäisestä, kun kuormansidontaväline on esikiristetty lastauksen jälkeen 400 daN:n kireyteen. Mittauksissa ilmeni myös, että kuormaliina saattaa olla kiristimen vastakkaiselta puolelta kuormaa mitattuna jopa 100 daN:ia löysemmällä jo kiristyshetkellä. Tämä epätasaisesti jakaantuva kuormaliinan jännitys saattaa olla kuorman tiivistymisen lisäksi yksi syy kuormien löystymiseen kuljetuksen aikana.</p> <p>Ylitsesidontaan käytettävän kuormaliinan löystyminen esimerkiksi 400 daN:sta 300 daN:iin heikentää kuormansidontaa yhden kuormaliinan osalta kitkakertoimesta riippuen 30–35 prosenttia. Tämä tarkoittaa kitkakertoimella 0,45 kuormansidontakyvyn heikkenemistä 0,65 tonnista 0,48 tonniin. Tämän kaltainen pudotus kuormansidontakykyyn voi muodostua hyvinkin merkittäväksi, kun kuormansidonta koostuu jopa useammasta kymmenestä kuormansidontaliinasta.</p>		
Asiasanat logistiikka, maakuljetus, kuormausmääräykset, kuormansidonta		

Author	Degree	Time
Vesa Ruotsalainen	Bachelor of Engineering	February 2020
Thesis title		66 pages 1 page of appendix
Road Transport. Examination of loosening load securing by measuring		
Commissioned by		
Supervisor		
Suvi Johansson		
<p>Abstract</p> <p>This thesis deals with the slackening of the load binding by measuring the tightness of the lashing. The slackening was studied by measuring the tightness of the lashing belts that have been used in the load binding. Tenmet 500 -meter was made for this purpose was used for the measurement of the tightness of the lashing belt. The most general lashing methods that use lashing belts are presented in this thesis, but the main object is the measuring of the tightness of the slashing belts that have been carried out with this method and the effect of the change to the tightness of the lashing capacitance in the tie-down lashing.</p> <p>In this thesis three separate researches were conducted. The tightness of the lashing belts was measured with sawn timber loads, heavy traffic control with the police of Itä-Uusimaa and loads which consist of the flagstones that have been made of concrete. The measurement results were compared according to different load guides, dominating legislation and the calculation methods which are related to the load binding with the standards. In the Finnish legislation any numerical value has not been determined to the tightness of the lashing belt. However, the tightness of the lashing belts has significance to the lashing capacitance of the over lashing calculator especially when a tie-down lashing is used as a binding method.</p> <p>From the results it appeared that when the lashing belts had been pretensioned after the loading to the tightness of 400 daN that in some cases the load binding slackens nearly to half of the original one on the transport distance of the first 100 kilometers. In the measuring it was also manifested that the lashing tie may be even 100 daN looser when measured from the opposite side of the clamp of a load at the tightening moment. In addition to the tightening of the load this tension of the lashing belt which is unevenly divided may be one reason for the slackening of loads during the transport.</p> <p>The slackening of the lashing belt which is used for tie-down lashing for example from 400 daN to 300 daN weakens the load binding for one load scarf 30-35 per cent depending on the friction coefficient. This means 0,45 weakening of the lashing capacitance on the friction coefficient from 0,65 tons for 0,48 tons. Dropping like this to the lashing can become very significant when even more than ten of the lashing belts make up the load binding.</p>		
Keywords		
logistics, ground transport, loading orders, load binding		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	7
2.1	Keskeiset käsitteet ja taustatieto.....	7
2.2	Tutkimusmenetelmät ja prosessin kulku	9
3	KUORMAUSTA JA KUORMAN VARMISTAMISTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	12
3.1	Tieliikennelaki (729/2018).....	12
3.2	Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1992/1257)	13
3.3	Liikenneministeriön päätös kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä (1982/940)	13
3.4	Kuormansidontaliinoja koskevat säädökset	14
4	KAPPALETAVARAKULJETUSTEN YLEISIMMÄT KUORMANSIDONTAMENETELMÄT KUORMANSIDONTALIINOILLA	15
4.1	Suorasidonta.....	15
4.2	Silmukkasidonta.....	15
4.3	Valjassidonta	16
4.4	Ylitsesidonta	16
5	KUORMANSIDONNAN LASKEMINEN SUOMEN KUORMANSIDONTAMÄÄRÄYSTEN MUKAISESTI KÄYTTÄEN YLITSESIDONTAA.....	17
6	KUORMANSIDONNAN LASKEMINEN STANDARDIN EN 12195-1: 2010 MUKAISESTI YLITSESIDONTAA KÄYTTÄEN.....	19
7	KUORMANVARMISTAMINEN VALJASSIDONTAA KÄYTTÄEN	20
7.1	Valjassidonnalla saavutettavan sidonnan massan laskeminen	20
7.2	Valjassidonnalla saavutettavan sidonnan massan laskeminen standardin EN 12195-1: 2010 mukaisesti	21
8	TUTKIMUS JA SIINÄ KÄYTETYT MENETELMÄT	21
9	TUTKIMUSKOHTEIDEN JA VÄLINEIDEN VALMISTAJIEN ESITTELY	24
9.1	Mittarintoimittajan ja mittarin esittely	24
9.2	Tutkimuksessa käytetty ajoneuvo	25

9.3	Tutkimuksessa käytetyt kuormaliinat ja niiden valmistajan esittely	26
9.4	Tutkimuksessa käytetyn sahatavaran valmistajan esittely	26
9.5	Tutkimuksessa käytettyjen pihalaattojen valmistajan esittely	29
10	TUTKIMUKSEN KULKU	30
10.1	Mittaukset puutavaralla	30
10.2	Poliisin raskaan liikenteen valvonta ja siinä tehdyt mittaukset	36
10.3	Pihakivikuormalla tehdyt mittaukset.....	38
11	TUTKIMUSTULOKSET	41
11.1	Sahatavaralla tehtyjen mittausten tulokset	42
11.1.1	Mittauspäivä 1.....	42
11.1.2	Mittauspäivät 2 ja 3	44
11.2	Poliisin raskaan liikenteen valvonnassa tehtyjen mittausten ja haastattelun tulokset.....	47
11.3	Pihakivikuormalla tehtyjen mittausten tulokset	51
11.3.1	Someron kuorma	51
11.3.2	Jyväskylän kuorma	54
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	56
13	POHDINTA	58
	LÄHTEET	63
	KUVALUETTELO	65
	TAULUKKOLUETTELO	67
	LIITTEET	

Liite 1. Avoimet haastattelukysymykset Poliisille

1 JOHDANTO

Suurien etäisyyksien vuoksi maantiekuljetusyksiköillä tavaraa kuljetetaan pitkiä matkoja. Kuormansidonta on järjestettävä maantiekuljetusyksikköön siten, että se kestää maantiekuljetuksen rasitukset koko kuljetuksen ajan. Kuljetusturvallisuuden ja liikenneturvallisuuden kannalta on tärkeää, että kuorma ei pääse liikkumaan kuljetettavassa ajoneuvossa kuljetuksen aikana.

Suurimassaisten kuormien kuljetuksessa kuorman sidonnan löystyminen kuljetuksen aikana muodostaa merkittävän liikenne- ja kuormaturvallisuusriskin. Mikäli kuorman sidonta löystyy kuljetuksen aikana sellaiselle tasolle, että kuorma liikkuu kuormatilassa heikentäen ajoneuvon ajo-ominaisuuksia, se vaarantaa liikenneturvallisuuden, eikä se täytä kuormansidonnasta annettuja asetuksia, säädöksiä ja määräyksiä (TLL 1981/267).

Kuljetuksen aikana tapahtuva kuormansidonnän löystyminen ajonaikaisten rasitusten ja kuorman tiivistymisen vuoksi maantiellä tapahtuvissa tavarankuljetuksissa on tunnistettu ja tiedossa oleva ilmiö. Kuormien sidonnassa ja jälkikiristyksessä on kuitenkin suuria kuljettajakohtaisia ja yrityksen toimintakulttuuri-kohtaisia eroja.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, minkä verran kuormansidonta löystyy kuljetuksen aikana. Millä matkalla se on löystynyt tasolle, jolla se olisi jälkikiristettävä? Tutkimus kohdistetaan lastatun kuorma-auton sidonnassa käytettyihin kuormaliinoin. Kuormaliinon kireys mitataan erillisellä tähän tarkoitukseen tehdyllä mittarilla, ja tutkimuksessa seurataan kireyden muutoksia kuljetuksen aikana. Mikäli tutkimuksen tuloksien perusteella saadaan määritettyä kriittinen kireyden muutos ajettuun matkaan nähden, olisi se merkittävää turvallisuuden, viranomaisten määräysten ja kuljettajakoulutuksen kannalta.

Tutkimuksesta saatua tietoa tekijä voi käyttää myöhemmin omassa työssä kuljettajia kouluttaessaan, sekä opetusmateriaalina. Tutkimuksella saattaa olla vaikutusta myös valvovan viranomaisen valvontatyössä käyttämiin menetelmiin, ohjeisiin ja koulutukseen.

Lähtöoletuksena on, että kuormansidonta löystyy jonkun verran kuljetuksen aikana. Sidonnan löystymiseen kriittiselle tasolle vaikuttanee lastauksen jälkeen sidonnan kireys.

Tutkimuksen kohteena on kuorman sidonnan löystyminen kuljetuksen aikana. Tieliikennelain asetuksessa (1982/940. 48 §, 2. mom.) kuorman sitomisen ja sidonnan kireydestä määrätään, että sidontavälineiden on oltava riittävän tiukalla ja kireys on tarvittaessa tarkistettava kuljetuksen kestäessä.

Tarkoitus on selvittää erityisesti tätä kireyden mahdollista muuttumista. Miten valvova viranomainen ja heidän mukaansa kuljettajat tämän lain kohdan ymmärtävät ja kuinka sitä valvotaan? Laissa ja asetuksissa ei ole määritetty tarkemmin mikä on tämä riittävä kireys. Maanteillä kuljetettavia tavaroita, niiden sidontaa ja sidonnan kireyttä käydään mittaamassa poliisin raskaaseen liikenteeseen kohdistuvan valvonnan yhteydessä.

Tällaista tutkimusta ei ole aiemmin tehty, joten samaa aihetta koskevien tutkimusten vertailu osoittautui haastavaksi, mutta tutkimustulokset itsessään todennäköisesti antavat pontta tämän kaltaisten tutkimusten variointiin. Henkilökohtainen kokemus aiheesta on se, että tämänkaltaiset kuormat tiivistyvät ja kuormansidonta voi löystyä yllättävänkin paljon, jonka seurauksena ajoneuvo on korkean painopisteen vuoksi vaikeampi hallita.

2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti kuormaukseen ja kuormansidontaa koskeva lainsäädäntö ja määräykset, sekä tutkimusmenetelmien teoreettinen viitekehys.

2.1 Keskeiset käsitteet ja taustatieto

Maantielikenteen kuormansidontaa 1.6.2020 alkaen määrittää tieliikennelaki (729/2018) ja asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1992/1257), sekä liikenneministeriön päätös kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä. Tämänhetkinen voimassa oleva tieliikennelaki on tullut voimaan 3.4.1981 ja

on voimassa 1.6.2020 saakka, jolloin voimaan astuu uusi tieliikennelaki 729/2018.

Tieliikennelain määritelmän mukaan ”kuorma ei saa kuormakorissa siirtyä siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä.” (Tieliikennelaki 1981/267). Tämän lisäksi tuleva tieliikennelaki määrittää, että kuorman on pysyttävä paikallaan kaikissa normaaleissa ajotilanteissa (Tieliikennelaki 729/2018).

Kuormansidonnän lujuus on määritetty siten, että sidonnän täytyy kestää 10 m/s²:n eteenpäin ja taakse sekä sivuille 5 m/s²:n kiihtyvyyden. (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 47§, 1. mom.) Tämän lisäksi asetuksella on määritetty, että sitomisvälineiden on oltava riittävän kireällä ja niiden kireys on tarvittaessa tarkistettava kuljetuksen aikana (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 48. §, 2. mom.).

Kuorman varmistamisen lujuuden määrittämisessä saa ottaa kitkan tarjoaman pidätyskyvyn huomioon (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 47§, 2.mom.). Uudistettu 1.6.2020 voimaan tuleva tieliikennelaki tarkentaa tätä seikkaa vielä pykälässä 109§ ”kuorman varmistaminen” siten, että kitkaa saa hyödyntää vain, mikäli kuorman pystysuuntainen liike on sidonnalla estetty. (Tieliikenne-laki 729/2018).

Aiheesta tiedetään kokemuksen kautta, että kuormat pyrkivät painumaan, tiivistymään ja siirtymään siten, että kuormankiinnitys löystyy ja voi aiheuttaa siten vaaraa liikenneturvallisuudelle ja huonontaa ajoneuvon ajo-ominaisuuksia. Tämän lisäksi kuorma voi kaatua, tai painopisteen siirtyessä kaataa koko ajoneuvon.

Kirjallista tietoa kuormansidonnasta yleisesti on saatavilla hyvin. Ohjeita ja määräyksiä aiheeseen on tehty jonkin verran. Yksi parhaimmista kirjoitetuista teoksista on opas, jota poliisikin käyttää oppaana kuormien kiinnityksiä tarkastaessaan. Teos on Suomen kuljetus ja logistiikan (SKALin) julkaisema ”Ajoneuvon kuormaamista ja varmistamista koskevat ohjeet” (2004). Myös Lorda (Logy Ry) on julkaissut vastaavanlaisen teoksen.

Mistään suomalaisesta virallisesta julkaisusta tai ohjeesta ei löydy tietoa kuormansidonnan kireydestä, vaan niissä käytetään asetuksen mukaista määritelmää: ”Sitomisvälineiden on oltava riittävän kireällä ja niiden kireys on tarvittaessa tarkistettava kuljetuksen aikana” (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 48. §, 2. mom.).

Tätä aihetta on jonkun verran sivunnut saksalainen Hermann Kaps ja Euroopan yhteisön tuella tehty monikansallinen hanke ”Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014”.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja prosessin kulku

Tutkimusmenetelmä opinnäytetyössäni on laadullinen, jota käytetään tietyn tyyppisen tavarankuljetuksen tutkimiseen, eli voitaneen puhua tässä yhteydessä myös tapaustutkimuksesta. Nämä menetelmät sopivat kyseisen ilmiön tarkasteluun erityisesti siitä syystä, että tutkimustyö on haluttu rajata mahdollisimman tarkasti juuri kappale-tavarankuljetukseen, ja työssä tarkastellaan kuormansidonnan osalta erityisesti yltäsesidontaa, jotta saadaan riittävän laaja mittatieto kyseisten tavaratyyppien kuljetuksiin liittyvästä ilmiöstä. Tämän perusteella on mahdollista saavuttaa laajempaa yleistettävyyttä ja siirrettävyyttä tarkasteltavan tapauksen kaltaisiin kuljetuksiin.

Varsinaista kirjoitettua lähdemateriaalia, teoriamateriaalia tutkittavana olevasta ilmiöstä ei ole, joten Grounded theory -metodilla (GT) teoriaa muodostetaan aineistoa koodaten ja luokittelemalla. Tämä tapaus voisi olla tällainen tapaus, eli tutkimalla saadaan tietoa, jonka perusteella voidaan tehdä teoriaa aineistoa analysoimalla. Tätä tukisi seikka, ettei juuri tästä aiheesta löydy valmiita kirjoitettua materiaalia. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Opinnäytetyön osana toteutetaan valvovan viranomaisen haastattelu tai tarkemmin ottaen eri poliisimiesten näkemysten selvittäminen kysymällä liikennevalvonnan yhteydessä käytänteistä ja mielipiteistä sekä heille annetuista ohjeista vastauksen ongelmaan, eli tässä tapauksessa kuormankiinnityksen kireyden määrittämisestä ja riittävän kireyden tarkastamiseen käytettävistä menetelmistä.

Kysely toteutettiin teemahaastatteluna, eli liikenteen valvonnan yhteydessä keskusteltiin poliisiviranomaisen käyttämistä menetelmistä ja käytännöstä kuorman kiinnityksen kireyden määrittämisessä. Tämä menetelmä täyttää kvalitatiivisen aineiston keruu- ja analyysi -menetelmän teemahaastattelun määritelmän.

Liitteestä 1 käy ilmi kysymysten aiheet. Kyselyllä ei ole tarkoitus saada kattavaa tilastollista aineistoa aikaiseksi, vaan selvittää poliisiviranomaisten keskuudessa vallitsevat käytänteet. Tarvittaessa kyselyn voisi laajentaa poliisin sisäisenä kyselynä esimerkiksi paikkakuntaakohtaisesti, mutta nähdäkseni pääpoliisilaitoksen näkemys tässä yhteydessä riittää.

Löystymisen mekanismi on pääpiirteissään tiedossa, eli puutavaranippujen ja useista nipuista koostuvassa kuormassa on rakoja, jotka kuorman kiinnityksen ja ajon aikaisen tärinän ja räsäysten seurauksena tiivistyvät, jolloin kuorman kiinnitykseen käytettyjen kuormaliinojen jännitys pienenee. Kokeellisesti tehtyjä mittauksia kuormansidonnän löystymisestä ei tiettävästi kuitenkaan ole aiemmin tehty.

Tähän ongelmaan on tarkoitus saada mittaustuloksia havainnoimalla selvyys systemaattisen havainnoinnin keinoin. Systemaattinen havainnointi on Hirsimäen ym. mukaan käytössä yleisemmin kvantitatiivisesti painottuneessa tutkimuksessa (Hirsimäki ym. 2014, 215). Tavallisesti systemaattinen havainnointi tehdään tarkasti rajatussa tilassa, esimerkiksi laboratoriossa tai tutkimushuoneessa (Hirsimäki ym. 2014).

Tämä tutkimuksellinen opinnäytetyö toteutuessaan optimaalisesti täyttää prosessuaalisen lähestymistavan näkökulmasta tuotekehittelyn ja tuotteistamisen määritelmät, mikäli tutkimustuloksista löytyy yleistettävyyttä, joka on toistettavissa ja selvästi todennettavissa. Jos tutkimuksessa havaitaan esimerkiksi, että kuormaliina löystyy kutakuinkin aina saman kilometrimäärän aikana kiinnittämisestä, siitä voidaan tehdä kuljettajakoulutukseen ja valvontaa varten uusia ohjeita ja myöhemmin jopa lakitekstiin tai asetuksiin sekä kuormankiinnitysmääräyksiin tarkentavia määritelmiä.

Tällaisten ohjeiden ja määräysten käyttöönotto vaatii huolellisen valmistelun ja käsittelyn, mutta tiedollinen kuljettajille annettava turvallisuuskoulutus voidaan aloittaa jo ennen lakimuutoksen voimaantuloa, sillä mikäli tiedetään jotakin turvallisuuteen liittyvää, vaikka se ei vielä pakottavalla lainsäädännöllä olekaan voimaanpantu, se parantaa kuljettaja-, kuorma- ja liikenneturvallisuutta.

Tuotekehityksen näkökulmasta ovat koko ajan läsnä kuljettajien ja yritysten toimintatavat sekä toimintaympäristön, eli kuorman tyypin ja kuljetusvälineen ja käytettävissä olevien sidontapisteiden ja sidontavälineiden erityispiirteet ja ominaisuudet.

Tätä kuvaa hyvin matkailualan ja tutkimusinstituutin verkkosivuilta löytyvä kuva arjen tuotekehityksestä (kuva 1).



Kuva 1. Tuotekehitys kuljettajien ja valvovan viranomaisen arjessa on jatkuvaa oman toiminnan kehittämistä (Garcia-Rosell, J. ym. 2010.)

Ilmiön tutkintaan käytettiin sahatavarakuormia, jotka oli sidottu kuljetusvälineeseen kuormansidontaliinoilla kyseiselle tavaratyypille käytettävällä tavalla. Kuormauksesta, liinojen asettelusta, kiristyksestä ja kireyden mittauksesta otettiin jonkin verran myös videokuva.

Mittauksia sahatavarakuormille tehtiin kolmen peräkkäisen päivän ajan, jotta saatiin mahdollisimman luotettavaa mittaustietoa lastauksen jälkeisen sidon-

nan löystymisestä. Sidontatyyppinä kyseisissä kuljetuksissa käytettiin ylitsesidontaa kuormaliinoilla, eli kitkasidontaa. Tämä on yleisin käytössä oleva tapa kiinnittää tämän tyyppiset kuormat.

Vertailukuormina tehtiin lavoille pakattujen pihalaattojen kuljetuksia. Nämä kuormat erosivat toisistaan kuljetusmatkan lisäksi myös siinä, että pihakivi-kuorman painopiste oli matala ja pakattu lavoille, eli kollimäärä pihakivilaatta-kuormassa oli huomattavasti suurempi ja yksittäinen kolli oli huomattavan paljon pienempi ja matalampi. Sidonta laattakuormissa on hieman erilainen, eli siinä voitiin käyttää monipuolisemmin eri sidontatyyppejä, mutta tutkimuksen pääpaino kohdistuu ylitsesidontaan.

Suurin ero näiden kahden tavaratyyppin sidonnassa oli se, että etusermin tarjoamaa kuorman tuentaa voitiin käyttää paremmin hyväksi jälkimmäistä kuormaa sidottaessa. Myös näiden kuormien sidontaan käytettiin kuormaliinoja ja niiden suojana kulmasuojia.

3 KUORMAUSTA JA KUORMAN VARMISTAMISTA KOSKEVA LAIN-SÄÄDÄNTÖ

Tutkimuksen kohteena on kuorman sidonnan löystyminen kuljetuksen aikana. Liikenneministeriön Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (1257/1992. 48. §, 2. mom.) kuorman sitomisen ja sidonnan kireydestä määrätään että sidontavälineiden on oltava riittävän tiukalla ja kireys on tarvittaessa tarkistettava kuljetuksen kestäessä.

3.1 Tieliikennelaki (729/2018)

Maantieliikenteen kuormansidontaa määrittää 1.6.2020 alkaen tieliikennelaki (729/2018) ja sitä tarkentava liikenneministeriön asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1992/1257), sekä liikenneministeriön päätös kuormakoreista, kuormausmisesta ja kuorman kiinnittämisestä. Voimassa oleva tieliikennelaki (1981/267) korvataan 1.6.2020 uudella Tieliikennelailla 729/2018. Tieliikennelain määritelmän mukaan ”kuorma ei saa kuormakorissa siirtyä siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä.” (Tieliikennelaki 729/2018).

3.2 Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1992/1257)

Kuormansidonnin lujuus on määritetty siten, että sidonnin täytyy kestää 10 m/s²:n eteenpäin vaikuttavan voiman ja taakse ja sivuille 5 m/s²:n kiihtyvyyden. (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 47 §, 1. mom.) Tämän lisäksi asetuksella on määrätty, että sitomisvälineiden on oltava riittävän kireällä ja niiden kireys on tarvittaessa tarkistettava kuljetuksen aikana (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5. luku 48 §, 2.mom.).

Kuorman varmistamisen lujuuden määrittämisessä saa ottaa kitkan tarjoaman pidätyskyvyn huomioon (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 5.luku 47§ 2.mom.).

3.3 Liikenneministeriön päätös kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä (1982/940)

Liikenneministeriö on 26 päivänä maaliskuuta 1982 annetun ajoneuvoasetuksen (233/82) 69 §:n nojalla päättänyt asetuksesta, joka koskee kuorma-autoja ja kokonaispainoltaan yli 3 500 kg:n perävaunuja. Asetus koskee kuorman sijoittamista, kuorman sitomista, sitomisvälineitä ja siinä on annettu erityismääräyksiä puutavaran sitomisesta.

Tämän säädöksen mukaan kuorma on jaettava mahdollisimman tasaisesti kuormatilan pohjalle ja kuormasta on tehtävä mahdollisimman matala yhtenäinen kokonaisuus (Liikenneministeriön päätös 1982/940).

Kuorman eteenpäin liikkumista estävän sidonnin yhteenlaskettu summa on oltava vähintään kuorman massan suuruinen ja sivuille ja taakse vähintään puolet kuorman painosta. Tätä sidontatarpeen määrittästä tehdessä saa kitkan tarjoaman pidätyskyvyn ottaa huomioon. Tätä kitkan tarjoamaa kuorman pidätyskyvyn määrittästä varten käytetään erillistä kitkataulukkoa. (Liikenneministeriön päätös 1982/940.)

Kuormansidonnin kireydestä 16 §:ssä sanotaan: ”Sitomisvälineiden tulee olla kunnollisesti jännitettyjä ja niiden jännitys on tarvittaessa tarkastettava kuljetuksen kestäessä. Yksittäisen siteen tai kiinnittimen irtoaminen, vaurioituminen tai löystyminen ei saa heikentää muuta kuorman sidontaa. Sitomisvälineen kiristyslaite on sijoitettava siten, ettei se lisää ajoneuvon leveyttä.” (Liikenneministeriön päätös 1982/940.)

Puutavaran ja muun pitkän tavaran sitomisesta on määrätty 17 §:ssä. Siinä sanotaan, että puu, tai muu pitkä tavara on sidottava kuormakoriin vähintään yhdellä sidoksella. Tavaralla ollessa yli kolme metriä pitkä, on se sidottava vähintään kahdella sitomisvälineellä. Mikäli esine tai tavaraniippu on tuettu sivutolppia vasten, sen on nojattava vähintään kahteen tolppaan. (Liikenneministeriön päätös 1982/940.)

Mikäli kuljetetaan konttia, jota ei voida lukita ajoneuvoon erillisillä konttilukoilla, on se sidottava vähintään neljällä sidoksella yläkulmista, ja se on tuettava kuormakoriin, mikäli tarpeen. (Liikenneministeriön päätös 1982/940.)

Liikenneministeriön päätöksellä ajoneuvon kuormakoreista on säädetty kuormakorin etuseinän lujuusvaatimuksista. Kuormatilan etupäädyn on kestävä vaihtokuormakorissa, jollainen tässä tutkimuksen ajoneuvossa oli, enimmillään 60 kN, eli 6000 kilogramman tasainen paino (JAMK Logistiikka, 451).

3.4 Kuormansidontaliinoja koskevat säädökset

Kaupallista kuorma-autoliikennettä koskevat kuormansidontamääräykset edellyttävät kuormansidontavälineiltä tiettyjä ominaisuuksia. Kuormansidontavälineiden on oltava tähän tarkoitukseen hyväksytyjä. Kuormansidontavälineistä on löydettävä tiedot, kuinka suuri kuormanpidätyskyky eli nimellislujuus kuormansidontavälineellä on. Tästä nimellislujuudesta on oltava merkintä kuormansidontavälineessä ja siihen kytkettävässä kiristinlaitteessa.

Kuormansidontaliinan ollessa uusi on sen kestävä kaksinkertainen kuormitus nimellislujuuteen nähden murtumatta. Sitomisvälineen metalliosien tulee kestää 1,4 -kertainen kuormitus ilman, että metalliosat murtuvat. (Tieliikennelaki 1982/940, 14§.)

Kuormansidontaliinan kiristinlaitteen on oltava vähintään yhtä kestävä kuin siihen liitetty sidontavyö. Tämän lisäksi kiristinlaitteelle on asetettu vaatimus, että sillä on saatava vähintään 5 prosentin nimellislujuuden suuruinen sidontavoima, kun kiristyslaitetta käytetään 0,5 kN:n voimalla käsin kiristettäessä. (Tieliikennelaki 1982/940, 15 §.)

4 KAPPALETAVARAKULJETUSTEN YLEISIMMÄT KUORMANSIDONTAMENETELMÄT KUORMANSIDONTALIINOILLA

Tässä luvussa käsitellään kuormansidontaliinoiden tyypillisimmät sidontamenetelmät. Tämän opinnäytteen tutkimuksen kannalta merkittävimmäksi menetelmäksi nousee ylitsesidonta.

4.1 Suorasidonta

Mikäli kuljetettavassa tavarassa on vähintään sidontavälineen nimellislujuuden vahvuiset kiinnityspisteet, kuormaliina voidaan kiinnittää suoraan kiinnityspisteistä kuormatilassa oleviin kiinnityspisteisiin. Tätä menetelmää käytetään yleensä suurten ja painavien koneiden ja laitteiden kuormansidontamenetelmänä. Tällä menetelmällä saadaan sidottua kuormaa liukumista ja kaatumista vastaan. Tämän tyyppisessä sidonnassa sidonnan lujuuteen vaikuttavat sidontavälineen, kuormassa olevan sidontapisteen ja kuormatilassa olevien sidontapisteen nimellislujuudet. (Kaps 2011, 13.)

4.2 Silmukkasidonta

Silmukkasidonnaksi kutsutaan kuormanvarmistamista, jossa käytetään vähintään kahta sidontaliinaa, joista tehdään eräänlainen silmukka kierrättämällä se sidottavan kappaleen ympäri. Kuormaliinan molemmat päät kiinnitetään samaan kuormansidontapisteeseen. Vastakkaisella puolella tehdään samoin, jolloin sidonta estää kuormaa kaatumasta ja liukumasta sivuille. (Kuormanvarmistus maantiekuljetuksissa 2014, 14.)

Mikäli sidontaan käytetään neljää sidontavyötä, tällainen sidonta estää myös kuorman kääntymistä kuormatilassa. Kuormaliinoiden kiristinlaitteet tarvitaan molemmin puolin kuormaa, joten kuljetettavan tavaralla on oltava keskellä

kuormatilaa ja niin kapea, että kiristimiä sovitaan käyttämään ja liinojen asette-
luun on riittävästi tilaa. Tätä sidontatapaa käytettäessä täytyy eteenpäin ja
taaksepäin tehdä kuormanvarmistus joko tukemalla tai muita menetelmiä käyt-
täen (Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014,
2014, 42.)

4.3 Valjassidonta

Valjassidontaa voidaan käyttää kuorman liukumisen ja kaatumisen estä-
miseksi eteen- tai taaksepäin. Sidontaliinoja käytetään kuten valjaita, mikäli
kuormassa itsessään ei ole sidontapisteitä, jolloin suorasidonta (kts. luku 4.1)
ei ole mahdollinen.

Valjassidonnan voi tehdä joko käyttämällä tätä tarkoitusta varten tehtyjä val-
jasliinoja tai yhdistelemällä normaaleista sidontaliinoista lenkin, joka menee
kuorman kulman yli, ja liittämällä siihen molemmille puolille kuormaa sidotta-
vaan suuntaa nähden poispäin vinosti vetävät kuormaliinat, jotka kiinnitetään
kuormansidontapisteisiin. Sidonnassa voidaan käyttää myös tyhjiä kuormala-
voja apuna kuormaliinan asettelussa.

Valjassidonnan voi tehdä myös kahdella kuormaliinalla peilikuvana toteute-
tusta sidonnassa siten, että kuormaliina viedään kuorman yläreunan yli kiinni-
tettynä kuormatilan sidontapisteeseen ja kuljetetaan kuorman päädyn kautta
toiseen kiinnityspisteeseen. (Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat
suuntaviivat 2014, 2014, 42–43.)

4.4 Ylitsesidonta

Ylitsesidonnaksi kutsutaan sidontatapaa, jossa kuormaliina asetetaan kulke-
maan kuorman ylitse ja kiinnitetään vastakkaisilla sivuilla sijaitseviin kuorman-
sidontapisteisiin. Samalla kuorman yli kulkeva liina estää kuormaa kaatu-
masta. Ylitsesidonnassa kuormaliina vetää sidottavaa massaa alaspäin, jolloin
kuorman massan aiheuttama kitkavoima kasvaa kuormaliinan alaspäin vetä-
vän voiman suuruisesti.

Mikäli kuormansidontaan käytetään vain yhtä liinaa, on se oltava mahdollisimman keskellä sidottavaa tavaraa, jolloin se estää tehokkaasti myös kaatumisen. Ylitsesidonnassa sidontavoima on suurimmillaan kuormaliinan ollessa 90 asteen kulmassa ajoneuvon lattiaan nähden. (Kaps 2011, 29–32.)

5 KUORMANSIDONNAN LASKEMINEN SUOMEN KUORMANSIDONTAMÄÄRÄYSTEN MUKAISESTI KÄYTTÄEN YLITSESIDONTAA

Tällä hetkellä suomalaisissa kuormansidontaoppaissa ja ohjeissa ei oteta laskennassa kantaa kuormaliinan kireyteen millään tavalla. Kuormavarmistamisessa käytetään kitkakerrointa ja laskelmat tehdään jokseenkin yksinkertaistusti.

Melko yleisesti kitkakertoimena käytetään arvoa 0,3, kun materiaaleina on esimerkiksi vaneri ja puu. 10 tonnin painoisen kuorman kitkan tarjoama pidätyskyky lasketaan oppaiden mukaisesti kertomalla massa kitkakertoimella. Täten kitkavoimaksi saadaan 3 tonnia. Kuormansidonnalla on saavutettava vielä 7 tonnin (70 kN) pidätyskyky.

Osassa oppikirjoja ja oppaita on taulukoita, joiden mukaan sitomisvälineen kulma vaakasuuntaan nähden vaikuttaa sidontavälineen sidontakykyyn nimellislujuuteen nähden pienentävästi, mikäli sitomisvälineen kulma on yli 60 astetta. Mikäli kulma on 90 astetta, kuten ylitsesidonnassa, sidontavoiman katsotaan olevan 25 prosenttia kuormaliinan nimellislujuudesta. (Jukkara ym. 2008, 90.)

Tällä tavalla laskettuna etuseinään tuetun massaltaan 10 tonnin kuorman sidontavälineillä pitäisi saavuttaa 1 tonnin sidontavoima. Mikäli sidontavälineiden nimellislujuus on 1,7 tonnia (LC1700 daN), yksi sidontavyö saa aikaan 0,45 tonnin suuruisen kuormansidontavoiman. Tällöin 1000 kg:n massan sitoamiseen tarvitaan kolme sidontavyötä (2,35 kpl). Edellä esitetty laskentatapa ei ota huomioon kuormaliinan jännitystä millään tapaa.

Mikäli sama laskutoimitus tehdään käyttäen fysiikan lakien mukaisia laskusääntöjä, tarvittavien kuormaliinojen määrä voidaan laskea kaavalla

$n = \frac{ma - \mu m}{\mu \cdot 2F_T}$, jossa on mukana kiihtyvyydet, eli voimat, jota vastaan sidotaan ja sidontavälineen jännitys, eli voima joka sidonnalla saavutetaan. Merkittäviksi seikoiksi kitkakertoimen ja massan lisäksi tulee tällöin myös kuormaliinan jännitys.

Mikäli kuormaliina on esimerkiksi 400 daN:n kireydellä, kuormaliinojen määrä 1 tonnin massan varmistamiseksi voidaan laskea sijoittamalla lukuarvot

$$n = \frac{1t \cdot \frac{10m}{s^2} - 0,3 \cdot 1t \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{0,3 \cdot 2 \cdot 4kN} = \frac{7,1k}{2,4k} = 2,95, \text{ jolloin vastaukseksi saadaan myös}$$

kolme kuormaliinaa.

Mikäli kuormaliinat ovat löysemmällä, esimerkiksi 300 daN:a, 1 tonnin kuorman sidontaan tarvitaankin neljä (3,92) sidontaliinaa.

Jos kuormaliinat ovat vastaavan tyyppisessä sidonnassa 600 daN:n kireydellä, kuormanvarmistamiseen riittää kaksi (1,97) liinaa.

Mikäli etusermin tarjoamaa tukivoimaa ei voida esimerkiksi akselipainojen rajoittamisen vuoksi hyödyntää, eli kuormaa ei voida lastata tai muutoin tukea etuseinää vasten, tulee kuormanvarmistuksen kestää eteenpäin suuntautuvia voimia vastaan koko kuorman massan ja sivuille ja taakse puolet kuorman massasta. Tällaisissa tapauksissa ylitsesidonta ei ole enää järkevä sidontatapa, vaan kuormanvarmistamiseen kannattaa käyttää parempia sidontatapoja, kuten esimerkiksi valjassidontaa.

Ylitsesidonnalla yksinkertaisella suomalaisten opaskirjojen laskutavalla tarvittaisiin 10 tonnin painoisen kuorman varmistamiseksi vähintään 17 kuormaliinaa, kun kuormaliinojen nimellislujuus on 1,7 tonnia ja kitkan tarjoama kuormanpidätyskyky on otettu huomioon.

Kaavaa $n = \frac{ma - \mu mg}{\mu \cdot 2F_T}$ käyttäen liinojen lukumääräksi 400 daN kireydellä olevilla liinoilla saadaan lukumääräksi 29 kuormaliinaa. Mikäli kuormaliinat ovatkin löystyneet esimerkiksi 200 daN:iin, kuormaliinoja 10 tonnin painoisen kuorman sidontaan tarvittaisiin jopa 59 kuormaliinaa. (Ranta & Tiilikainen 1991, 56.)

Toisaalta, mikäli jännitettäisiin kuormaliinat niiden nimellislujuteen 1700 daN:n (17 kN), niin kaavaan sijoittamalla lukuarvot kuormaliinojen lukumäärä

$$n = \frac{10 \cdot \frac{10m}{s^2} - 0,3 \cdot 10t \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{0,3 \cdot 2 \cdot 17kN} = 6,92,$$

jolloin kuormaliinoja tarvittaisiin vain seitsemän. Tämän tiukkuuden saavuttaminen ilman apuvälineitä tai jatkovarsia pelkällä käsivoimalla kiristinlaitetta käyttämällä on haastavaa, sillä se vaatisi 1 tonnin (10 kN: n) kiristyslaitteeseen vaikuttavan voiman.

6 KUORMANSIDONNAN LASKEMINEN STANDARDIN EN 12195-1: 2010 MUKAISESTI YLITSESIDONTAA KÄYTTÄEN

Standardin En 12195:1: 2010 mukaisesti massa, joka ylitsesidonnalla saadaan sidottua, lasketaan kaavalla

$$m = \frac{n \cdot 2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T}{g \cdot (c_{xy} - \mu \cdot c_z) F_S}.$$

Standardin mukaisesti hidastuvuutena C_x , jota vastaan kuormansidonnalla on kestävä eteenpäin, käytetään 0,8 G:tä. Pystysuuntainen arvo C_z on aina arvostaan 1. Kaavassa n = kuormaliinoiden määrä, F_T = kuormaliinan nimellislujuus. Kitkakertoimena μ käytetään standardin mukaan arvoa 0,45 puun ja vannerin välisenä kitkakertoimena. Tämän lisäksi standardissa käytetään varmuuskerrointa F_S , joka maantiekuljetuksissa on 1,25. (Kuormanvarmistus maantiekuljetuksissa..., 8.)

Vertailun helpottamiseksi muutetaan kaava muotoon

$$n \geq \frac{(c_{xy} - \mu \cdot c_z) m \cdot g}{2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T} \cdot F_S,$$

jolloin voidaan laskea, kuinka monta kuormaliinaa standardin mukaisella laskentatavalla tarvitaan kuorman massan m paikallaan pitämiseksi eteenpäin suuntautuvaa voimaa vastaan.

Lasketaan 10 tonnin painoisen kuorman paikallaan pitämiseen eteenpäin standardin mukaisella kaavalla,

$$n \geq \frac{(0,8 - 0,45 \cdot 1) 10 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot 0,45 \cdot \sin 90^\circ \cdot 4 kN} \cdot 1,25,$$

jolloin vastaukseksi saadaan 11,92 eli 12 kuormaliinaa.

7 KUORMANVARMISTAMINEN VALJASSIDONTAA KÄYTTÄEN

Yhdellä eteenpäin suuntautuvia voimia liukumista vastaan tehdyllä valjassidonnalla voidaan saavuttaa huomattavasti vähemmällä sidontavoilla, kuin käytäen ylitsesidontaa.

7.1 Valjassidonnalla saavutettavan sidonnan massan laskeminen

Kuorman massa, jonka liukuminen ajosuuntaan voidaan estää valjassidoksella, on mahdollista laskea kaavalla

$$m = \frac{2 \cdot n \cdot LC \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)}{g(c_x - \mu \cdot c_z)},$$

jossa n = valjassidosten lukumäärä, LC = valjasliinojen nimellislujuus (kN), μ = kitkakerroin, α = pystysuoran sidontakulman suuruus asteina, β = vaakasuoran sidontakulman suuruus asteina, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (putoamiskiihtyvyys), C_x = vaakasuora kiihtyvyysskerroin menosuunnassa ja $C_z = 1,0$ (pystysuora kiihtyvyysskerroin).

Lasketaan, paljonko yhdellä valjassidonnalla saadaan sidontakykyä eteenpäin suuntautuvia voimia vastaan. Kitkakertoimenä tässä laskelmassa käytetään arvoa 0,3, sidontavyön nimellislujuuksena (LC) 2000 daN eli 20 kN. Pystysuora sidontakulman suuruus tässä laskelmassa on 39 astetta ja vaakasuora sidontakulma 35 astetta. Kiihtyvyyden arvona suomalaisen säännösten mukaisesti käytetään 10 m/s^2 .

Täten

$$m = \frac{2 \cdot 20 \text{ kN} \cdot (0,3 \cdot \sin 39 + \cos 39 \cdot \cos 35)}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 0,3 \cdot 9,81},$$

jolloin tulokseksi saadaan 4,7 tonnia.

Yksi valjassidonta näillä kitkan, hidastuvuuden ja nimellislajuuden arvoilla pitää 4,7 tonnia painavan kuorman paikoillaan (Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014, 46).

Erään suomalaisen sidontapeitteen käyttöohjeessa käytetään valjassidonnan laskemiseen kaavaa

$$m = \frac{2 \cdot LC \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)}{a_{horis} - \mu \cdot a_{vert}}.$$

Tällä kaavalla laskettuna molempien kiihtyvyyksien käyttöohjeessa arvoina on käytetty 1,0G:tä, ja kulmana 45 astetta, mutta jos kiihtyvyyksien arvoina käytetään samoja kuin ylempänä olevassa kaavassa, sekä kulmana α 39 astetta tulokseksi saadaan tällä kaavalla 5,4 tonnia. (Fix Road käyttöohje 2019, 3.)

7.2 Valjassidonnalla saavutettavan sidonnan massan laskeminen standardin EN 12195-1: 2010 mukaisesti

Kuorman massa, jonka liukuminen ajosuuntaan voidaan estää valjassidoksella, voidaan laskea kaavalla

$$m = \frac{2 \cdot n \cdot F_R \cdot (\mu \cdot f_{\mu} \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta)}{g \cdot (c_x - \mu \cdot f_{\mu} \cdot c_z)},$$

jossa edellisen luvun laskentakaavan lisäksi käytetään varmuuskerrointa f_u . Laskennassa käytetään lisäksi standardin EN 12195-1: 2010 mukaisesti vaakasuorana kiihtyvyysharvotuksena menosuunnassa C_x lukua 0,8. Varmuuskerrotimeksi standardin mukainen arvo on 0,75 ja kitkakertoimeksi standardi käyttää yleisesti 0,45.

Tällä standardin EN 12195 mukaisella laskentakaavalla yhden valjassidonnan saavuttama kuormansidontakyky

$$m = \frac{2 \cdot n \cdot 20 \text{ kN} \cdot (0,45 \cdot 0,75 \cdot \sin 39 + \cos 39 \cdot \cos 35)}{9,81 \cdot (0,8 - 0,45 \cdot 0,75 \cdot 1,0)}$$

olisi 7,5 tonnia (Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014, 46).

Luvun 7.1 tulokseen verrattuna tämä standardin mukainen kaava ja kitkakertoimet antavat huomattavasti suuremman kuormansidontakyvyn. Tämä johtuu pitkälti siitä, että tällä standardilla käytetään korkeampaa kitkakerrointa ja pienempää hidastuvuuden arvoa, kuin mitä Suomen kuormansidontamääräykset edellyttävät. (EN 12195-1: 2010.)

8 TUTKIMUS JA SIINÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

Tutkimuksen kohteena oli kuormaliinoinen kireyden muutokset kuljetuksen aikana. Kuljetettavana oli sahatavarakuormia, jotka koostuivat kuljetusta varten tehdyistä puutavaranipuista. Puutavaraniput olivat pannoitettu ja muovitettu.

Sahatavarakuormat ovat tyypillisesti korkeita ja kuorman sidonnan löystyminen vaikuttaa suoraan ajoneuvon ajettavuuteen. Kuorma korkean painopisteen vuoksi heiluu mikäli sidonta löystyy ja siten aiheuttaa myös kuljetusvälineen ajonaikaista huojumista.

Sahatavarakuljetuksissa kuorman sidonta riippuu nippujen koosta ja massasta. Sahatavara kuljetetaan yleensä niputettuna. Nippujen pituus vaihtelee kolmen ja kuuden metrin välillä. Sahatavaran kiintokuutiopaino on 450–550 kg/m³. (SKAL 2009, 170.)

Sahatavarakuorma voi muodostua vastaanottajan tarpeiden mukaisesti materiaalin paksuudesta, nipun koosta ja käytettävästä ajoneuvosta riippuen jopa yli kahdestakymmenestä nipusta. Tässä tutkimuksessa käytettiin kohtalaisen paksua puutavaraa ja kookkaita nippuja, joten kollimäärä vetoauton kuormatilassa oli neljästä kuuteen nippua. Koko yhdistelmään tämän kokoisia nippuja mahtuu tyypillisesti 10–12.

Niput sidottiin tutkimusta varten hankituilla uusilla kuormaliinoilla. Uuden kuormaliinan ominaisuuksiin kuuluu, että ensimmäisen kiristyksen aikana se venyy jonkin verran, joten ensimmäisellä kuormalla tehtiin ensimmäinen jälkikiristys jo ennen kuljetuksen alkamista.

Jälkikiristys toteutettiin siten, että kun koko kuorma oli sidottu, tehtiin vielä kaikille liinoille lisäkiristys, jonka jälkeen vasta otettiin kuormaliinan kireystiedot ylös. Näin pyrittiin eliminoimaan ensimmäisen kuorman kuormaliinojen kireyden mittauksissa venymisestä johtuvat epätarkkuudet ja vääristymät.

Vertailukuormina kuljetettiin pihalaattoja, jotka oli pakattu kuormalavoille. Lavat oli muovitetu ja pannoitettu. Kivilaattakuormat ovat, toisin kuin sahatavarakuormat, matalia, joten sidonnan kireyden muutokset vaikuttavat ajettavuuteen vasta ajoneuvon kallistumisen tai nopean ohjausliikkeen aiheuttaman kuorman siirtymisen aiheuttaman painopisteen muuttumisesta. Ajoneuvo kulkee tällöin ikään kuin vinossa vaakatasoon nähden, joka aiheuttaa tien kallistuksen vuoksi erinäisiä ohjausvaikeuksia.

Varsinainen tutkimuksen kohde oli kuormansidonnän muuttuminen kuljetuksen aikana. Kuormansidontaa tarkkailtiin tarkoitusta varten valmistetulla kuormaliinankireysmittarilla. Mittari näyttää, millä kireydellä kuormaliina mittaushetkellä on.

Kuorman kiinnityksessä käytettävien kuormaliinojen kireydet mitattiin lastauksen jälkeen ja ennen purkamista. Kuormaliinan kireys vaikuttaa olennaisesti varsinaiseen kuormansidontaan vaikuttavan kuormansidontaliinan kuorman pidätyskykyyn.

Toisin sanoen vahvinkaan kuormaliina tai muu sidontaväline ei pysty pitämään kuormaa paikallaan, ellei se ole riittävän tiukalla. Tätä kuormansidontavälineen, tässä tapauksessa kuormaliinan, kireyttä (jännitystä) mitattiin kuorman kuljetuksen eri vaiheissa.

Kuormansidonnän löystymiseen vaikuttavat useat eri seikat. Kuljetusajoneuvo ja sen kuormakori ei ole jäykkä, vaan kuormakori vääntyilee ja joustaa, mutta kuljetettava tavara välttämättä ei, kuorma voi liikkua, tiivistyä, heilua ajotilanteiden, tien epätasaisuuksien ja renkaiden pyörimisestä johtuvan tärinän vuoksi. Myös kuljettajan ajotavalla ja ajoneuvon jousituksella on suuri vaikutus kuormaan vaikuttavien voimien määrään ja suuntaan.

Kuormaliinan kireyden muutoksen tutkimiseen käytettiin kuormaliinan kireysmittaria. Mittaria apuna käyttäen kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireydelle lastauksen yhteydessä.

Mittarin lukemat, kelloajat ja ajoneuvon matkamittarin lukemat kirjattiin ylös. Lisäksi käytettiin kuormatilassa ajon aikana kireysmittaria kiinnitettynä kuormaliinaan, jota kuvattiin "actionkameralla". Tarkoituksena oli hyödyntää kameran kuvaa määritettäessä matkaa, jonka aikana kuormaliina löystyy eniten ja toiveena oli löytää kireyden muutoksen kriittinen piste.

Mittareiden lisäksi tutkimuksessa käytettiin kyselyä, joka tehtiin haastatteleamalla Itä-Uudenmaan Liikkuvaa Poliisia koskien kuormausta, kuormansidontaa, sekä Poliisin ohjeita ja käytänteitä kuormansidonnän valvonnassa. Haas-

tattelu toteutettiin teemahaastatteluna eli kysymykset olivat avoimia kysymyksiä. Tähän haastatteluun osallistui Poliisin liikenteen valvonnasta vastaavan viiden poliisiviranomaisen ryhmä. Haastattelu suoritettiin raskaan liikenteen valvonnan yhteydessä. Samalla suoritettiin tähän tutkimukseen liittyviä kuormien tarkastuksia ja sidonnan kireyden mittauksia Tenmet 500 -kireysmittarilla.

9 TUTKIMUSKOHTEIDEN JA VÄLINEIDEN VALMISTAJIEN ESITTELY

Tässä luvussa esitellään tutkimuksessa käytettävät kuormaliinat ja kireysmittari, sekä niiden valmistajat. Luvussa esitellään lisäksi kuljetuskalusto, ja tutkimuksen mahdollistaneiden yhteistyökumppaneiden toimintaa pääpiirteissään.

9.1 Mittarintoimittajan ja mittarin esittely

Tutkimuksessa käytetyn mittarin toimittanut Network Engineering Oy AB (NWE) valmistaa kuormansidontavälineitä. Närpiöläinen Network Engineering aloitti toimintansa 2002 myymällä materiaaleja autonkori- ja veneteollisuudelle. 2008 yritys osti oikeudet ja tarvikkeet FIX-kuormansidontajärjestelmän valmistamiseen Pietarsaarelaiselta Walki Oy:ltä.

Nykyisin ajoneuvoliikenteeseen markkinoilla oleva FIX-tuote on NWE:n itse patentoima ja valmistama kattoripustusjärjestelmä, joka sallii sidontavälineen siirtelyn sopivalle kohdalle. Sidontavälineinä ovat tavalliset liinat, vahvasta kudotusta polypropeenikankaasta tehdyt eri mittaiset peitteet ja uusimpana täysin automaattiset sidontajärjestelmät usein toistuviin sukkulakuljetuksiin, joissa ajan säästö on merkittävä.

Peitettä valmistetaan myös meriliikenteen tarpeisiin, ja niitä onkin käytössä lähes jokaisella varustamolla, jotka kuljettavat paperia tai sellua Itämerellä ja Pohjanmerellä. Kuormansidontapeitettä käytettäessä ei tarvitse käyttää enää erillisiä kulmasuojia, mikä auttaa säästämään aikaa, vähentää kertakäyttöisten materiaalien käyttöä ja siten myös ympäristöä ja rahaa. (NWE 2019.)

Kuormaliinankireysmittarin on valmistanut ruotsalainen yritys TENMET. TENMET-liinankireysmittari on yksinkertainen käyttää, joten se on löytänyt tiensä myös Ruotsin puolustusvoimiin ja poliisiin. Suomessakin mittari on käytössä

joissakin hyvin varustelluissa oppilaitoksissa ja autokouluissa, sekä paperiteollisuuden yrityksissä. (Weissenberg 2019.)

Kuormaliinan kireyden mittaamiseksi hankittiin NWE:ltä Tenmet 500 kuormaliinan kireysmittari. Valittavana oli noin 5 000 euroa maksavan ja muutaman sadan euron hintaisen mittarin välillä. Kimmo Westerberg Network Engineeringiltä vakuutti, että edullisempikin Tenmet 500 -mittari on tutkittavana olevan ilmiön havainnointiin riittävän tarkka ja luotettava. Erona kalliimpiin mittaussäiliöneisiin asiantuntija Kimmo Weissenbergin mukaan (2019) Tenmet 500 on toimintavarmempi ja käytettävyydeltään parempi. Tämän lisäksi valittu mittari toimi kaikissa lämpötiloissa ja olosuhteissa.

Kysyttäessä Tenmet 500 -mittarin tarkkuutta ja luotettavuutta tämän tutkimuksen tarpeisiin saatiin vastaukseksi: ”Mittarin mukana on kalibrointilevy = pelti, joka asetetaan liinan sijasta mittariin ja neulan pitäisi näyttää silloin 300 daN. Jos ei näin käy, niin mukana on työkalu, jolla jousikuormaa voi säätää niin, että näyttö osuu oikein. Meillä on VTT:n kalibroima vetokone ja olen sillä aiemmin tarkistanut muutaman kerran eri mittareita ja havainnut, että ne ovat yllättävän tarkkoja ja mittaustulos ei vaihtelee, vaikka välillä ottaa mittarin pois ja laittaa taas takaisin. Toisin sanoen mittari ei ”väsy” vaikka mittauksia tekisi enemmänkin.” (Weissenberg 2019).

9.2 Tutkimuksessa käytetty ajoneuvo

Tutkimuksessa käytettiin Iveco Stralis AS260S56-Euro6 FEP 6x2 Cursor 13 ilmajousitetulla alustalla olevaa kuorma-autoa, joka oli varustettu vaihtokorilaitteilla.

Vaihtokorina oli Piako Oy:n valmistama sivuaukeava jalkalavakontti. Kontti on lämpöeristetty, eli kyseessä oli niin sanottu kovaseinäinen rahtikontti. Kuormatilan lattiamateriaalina on filmivaneri. Kuormatila on varustettu säädösten mukaisilla lattiasidontapisteillä, joiden nimellislujuus 20 kN (2 tonnia) / sidontapiste.

Kuorma-auton perään oli kytketty lämpöeristetty VAK-merkkinen varsinainen perävaunu. Yhdistelmän kokonaispituus oli 25,25 m. Myös perävaunu on ilmajousitettu.

9.3 Tutkimuksessa käytetyt kuormaliinat ja niiden valmistajan esittely

Tutkimusta varten tilattiin Haklift Oy:ltä tarkoitukseen sopivat, yleisesti kuorma-autoliikenteen käytössä olevat kuormaliinat. Haklift Oy on nosto- ja kuormaliinoja valmistava vuonna 1997 perustettu yritys. Haklift Oy kuuluu nykyisin Axel Johnson International -konserniin. Konserni on ruotsalainen yksityisomistuksessa oleva konserni, johon kuuluu 90 yritystä 25 eri maassa. Liiketoiminta Axel Johnson -konsernilla on 750 miljoonaa euroa. Axel Johnson Internationalissa on neljä eri liiketoimintaa aluetta ja Haklift kuuluu Lifting Solutions -ryhmään. (Yritysinfo 2019.)

Haklift tarjoaa asiakkaille räätälöityjä ratkaisuja nostoon, materiaalin käsittelyyn ja kuormansidontaan logistiikan ja teollisuuden tarpeisiin. Hakliftillä on laaja valikoima ja kattava jälleenmyyntiverkosto, mikä takaa sen, että tuotteita on tarvittaessa nopeasti saatavilla. (Yritysinfo 2019.)

Haklift tuotteena oli ennestään tuttu ja tuote luotettavaksi ja hyväksi käytännön tehtävissä havaittu, joten se valittiin tähän tutkimukseen varmana ja yleisesti hyvänä tunnettuna, laajasti käytössä olevana valtamerkkinä.

Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa käytettävä kuormansidontaliina on yleisin tieliikenteessä käytössä oleva liinatyyppi, 10 m pitkä, 50 mm leveä kaksoislangakoukulla oleva sidontavyö, jonka murtolujuus on 4 tonnia ja nimellislujuus on 1700 daN.

9.4 Tutkimuksessa käytetyn sahatavaran valmistajan esittely

Tämä luku perustuu Eskelisen (2019) henkilökohtaiseen tiedonantoon. Anaika Wood Group Ltd Oy on kotimainen puunjalostusyritys, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1993. Yritys työllistää kolmen maakunnan alueella noin 160 puualan ammattilaista. (Eskelinen 2019).

Anaika Wood Groupilla on sahalaiteksia Iisalmen Soinlahdessa, Lieksassa ja Toivakassa. Jalostuslaitokset sijaitsevat Joensuun Kiihtelysvaarassa ja Toivakassa. Kuvassa 2 on esitetty Anaika Woodin tuotantolaitosten sijainti kartalla.



Kuva 2. Anaika woodin tuotantolaitosten ja raaka-aineen hankinta-alueiden sijainti (Eskelinen 2019)

Raaka-aineena Anaika Wood käyttää lähipuuta. Savon ja Keski-Suomen alueen suorarunkoista ja terveeksaista kuusta sekä kiinteää Pohjois-Karjalan mäntyä.

Kuvassa 3 on esitetty Anaika Wood Groupin tuotannon volyymit ja lajikkeet toimipisteittäin.



	Sahatavaraa m ³	Liimatut- / höylätuotteet m ³
Lieksa	75 000 MÄ 75 % / KU 25 %	-
Kiihtelysvaara	-	35 000 MÄ 75 % / KU 25 %
Toivakka	40 000 KU 100 %	40 000 KU 100 %
Soinlahti	180 000 MÄ 25 % / KU 75 %	-
YHTEENSÄ	295 000	75 000

Kuva 3. Anaika Wood Groupin toimipisteiden tuotannon volyymit ja lajikkeet (Eskelinen 2019)

Suurin osa tuotteista viedään Japaniin ja muualle Aasiaan. Lisäksi tuotteita viedään Eurooppaan ja Pohjois-Afrikkaan.

Anaika Wood Group Ltd Oy:n raaka-ainehankinta perustuu kestävän metsätalouden periaatteisiin. Ympäristön huomioiminen ja puhtaat lähialueen raaka-aineet ovat tärkeitä toimintaa ohjaavia tekijöitä. Ympäristön kuormitusta pyritään pienentämään minimoimalla päästöjä ja energiankulutusta.

Puu hyödynnetään viimeiseen lastuun saakka. Sahauksen ja jalostuksen sivutuotteet hyödynnetään kemiallisen metsäteollisuuden raaka-aineeksi, energian tuotantoon uusiutuviksi polttoaineiksi ja kotieläinten kuivikkeeksi.

Anaika Wood Groupin tuotannosta 60 % koostuu sahatavarasta, 20 % liimapuupalkeista ja 20 % rakennehöylätavarasta. Kuvassa 4 on esitelty Anaika Woodin höylä- ja liimapuujalosteita. (Eskelinen 2019.)



Kuva 4. Anaika Woodin jalostettuja tuotteita (Eskelinen 2019)

9.5 Tutkimuksessa käytettyjen pihalaattojen valmistajan esittely

Tämän opinnäytetyön kuormaliinojen kireyden mittauksissa vertailukuormana sahatavaralle tehdyille mittauksille kuljetettiin kotimaisia pihakiviä. Pihakivien valmistaja HB-Betoniteollisuus Oy on suomalainen perheyritys, joka on kehittynyt Armas Harjun perustaman Harjun Laastin pohjalle (HB 50-vuotta 2019).

Yritys aloitti 1958 Jyväskylässä kalkkilaastin valmistajana, muotoutui perheyritykseksi, kun yrityksen alkuvaiheessa yritystoimintaan tuli mukaan Harjun tytär Aila ja hänen miehensä Eero Nieminen. Harjun Laasti kehittyi myös valmisbetonin valmistajaksi, jota varten Armas Harju perusti vuonna 1963 Harjun Betonin.

Vuosien saatossa yritys on kasvanut ja aloittanut myös kevytsora- ja betoniharkkojen valmistuksen. Valmistukseen käytettiin robotteja ensimmäisenä pohjoismaisena yrityksenä. Valmisbetonin valmistusta vähennettiin ja ruvettiin satsaamaan valmisbetonituotteiden valmistukseen ja kehittämiseen.

Vuonna 2003 HB-Betoniteollisuus Oy osti Somer-Betoni Oy:n osakekannan. Somer-Betoni fuusioitiin HB-Betoniteollisuus Oy:hyn.

HB-Betoniteollisuus Oy:n toimitusjohtajana toimii Eero Niemisen siirryttyä hallituksen varapuheenjohtajaksi hänen tyttärensä Virpi Nieminen. HB-Betoniteollisuus Oy valmistaa Jyväskylässä ja Somerolla pihapääällysteitä ja harkkoja. Jyväskylässä toimii myös porrastehdas ja valmisbetoniasema. (HB 50-vuotta 2019.)

10 TUTKIMUKSEN KULKU

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen mittausten ajankohdat ja kerrotaan mittausten eri vaiheiden etenemistä pääpiirteissään. Tutkimuksen suunnittelu ja sen toteutuksen organisointi oli pitkälinen ja aikaa vievä prosessi ja tutkimusvälineistön ja tutkittavien kohteiden hankkiminen alkoi melko varhaisessa vaiheessa, kun tutkimuksen lopullinen aihe alkoi selkiytyä.

10.1 Mittaukset puutavaralla

Mittaukset puutavaralla suoritettiin 4–6.3.2019. Mittausten ensimmäinen päivä oli aurinkoinen ja pakkasta oli noin 20 astetta. Edellisenä yönä oli satanut lunta. Keli oli liukas, kevyttä pakkaslunta sateli jäiselle tien pinnalle, joka aiheutti liukkaita varsinkin risteys- ja piha-alueille. Pakkanen pysytteli 20–23 asteen välillä kaikkina mittauspäivinä. Keliolosuhteet pysyivät samanlaisina koko sahatavaralla tehtyjen mittausten ajan, eli liukasta oli.

Lastauspaikalle saapumisen jälkeen käytiin läpi seuraavien päivien mittausten tavoitteet ja mittarin toimintaperiaate, käytännön järjestelyt lastauksen ja purkamisen suhteen, sekä aikataulut, jolloin lastaus ja purku oli mahdollista. Ajojen suunnittelija Marko Eskelinen oli mittauksista ja koejärjestelyistä kiitettävän kiinnostunut ja oli informoinut asiasta myös lastauksista vastaavia henkilöitä. Hän oli kertonut kaikille tutkimukseen osallisena oleville työntekijöille, että yrityksen johdon kanssa oli sovittu, että työaikaa ja tuotantomateriaalia voitiin käyttää tähän tutkimustarkoitukseen. Lastaus ja purku onnistuisi klo 7–21 normaalien lastausaikojen puitteissa.

Koneen kuljettajan työvuoro vaihtuisi iltapäivällä, joten yhden mittauspäivän aikana lastauksia ja purkuja suoritettaisiin kaksi eri kuljettajaa.

Koneen kuljettajien kanssa käytiin vielä mittausten tavoitteet ja käytännön seikat läpi ja ensimmäinen kuorman teko voi alkaa.

Kuorman teko alkoi kuormaliinojen asettelulla lastausvalmiuteen, eli koukkupäät kuormaliinasta laitettiin kiinnityspisteisiin tasaisin välimatkoin kuorman pituus huomioiden. Vapaana oleva liina heitettiin ajoneuvon katolle, jotta koko kuormatilan korkuinen ja levyinen neljästä nipusta koostuva sahatavara-kuorma saatiin yhdellä nostolla lastattua kyytiin. Kuorman alle tulevat aluspuut saatiin käyttöön lähettäjältä mittausten ajaksi.

Käytettävissä oleva ajoneuvo oli entisen tieliikennelain korkeussäännösten mukainen eli ajoneuvon korkeus oli 4,2 metriä. Uuden tieliikennelain ajoneuvojen korkeutta koskevan asetuksen mukainen kokonaiskorkeus on 4,4 metriä, joten kuormatila, jota mittauksissa käytettiin, oli 20 cm matalampi kuin uudemmat vastaavanlaiset käytössä olevat ajoneuvot. Tämä aiheutti pientä harmia, sillä tyhjää tilaa kuorman ja ajoneuvon kuormatilan yläosan välillä ei juurikaan ollut.

Matalan kuormatilan aiheuttama ongelma ratkaistiin korkeimpien kuormien osalta siten, että kuorma ujutettiin ajoneuvon sisään ja sitä nostettiin kuormatilassa sen verran, että aluspuut voitiin asettaa kuorman alle, jolloin pyöräkonen piikit voitiin vetää kuorman alta pois. Ajetut kuormat olivat tätä tarkoitusta varten normaalista tuotannosta otettuja nippuja, joten nyt kyytiin otettavat nipput tultaisiin palauttamaan samaan paikkaan odottamaan varsinaista loppuasiakkaalle tapahtuvaa kuljetusta.

Kuorma sidottiin, ajoneuvo siirrettiin tehdasalueella toiseen paikkaan, jotta ei oltaisi muiden lastaukseen ja purkuun tulevien ajoneuvojen ja työkonoiden tiellä. Kuormaliinat kiristettiin uudelleen ja tarkistusmitattiin 400 daN:n kireydelle. Kameran suunnattiin ja asetettiin kuormatilaan. Kuormankireysmittari asetettiin keskimmäisen liinan kohdalle.

Kuormatilan ovia sulkiessa havaittiin seikka, jota ei oltu osattu ottaa huomioon. Mittarin kahva esti oven sulkeutumisen. Tämän ratkaistiin siten, että mittarin kahvaa käännettiin hieman käyttämättömänä olleella kuormaliinalla sen verran, että ovi mahtui kiinni. Tämä aiheutti aina pientä ylimääräistä työtä ja epätarkkuutta kameran suuntauksen suhteen, joten ajon aikana oleva kuormaliinan kireysmittari ei aina näkynyt kunnolla kamerassa.

Mittari itsessään toimi kuten oli luvattu ja pakkassää ei vaikuttanut sen toimintaan. Ennen jokaista mittausta se testattiin kalibrointilevyllä ja havaittiin, että sen näyttämä pysyi koko mittausten ajan säädoissään kuten oli myyjän toimesta luvattu. Kalibrointilevyä käytettäessä mittarin tuli näyttää 300 daN:n lukemaa. Tämä toteutui joka kerta.

Kuvassa 5 näkyy mittarin näyttämä ennen kalibrointia. Viisarin kuuluisi näyttää 300 daN.



Kuva 5. Mittarin lukema ennen kalibrointia (Ruotsalainen 2019)

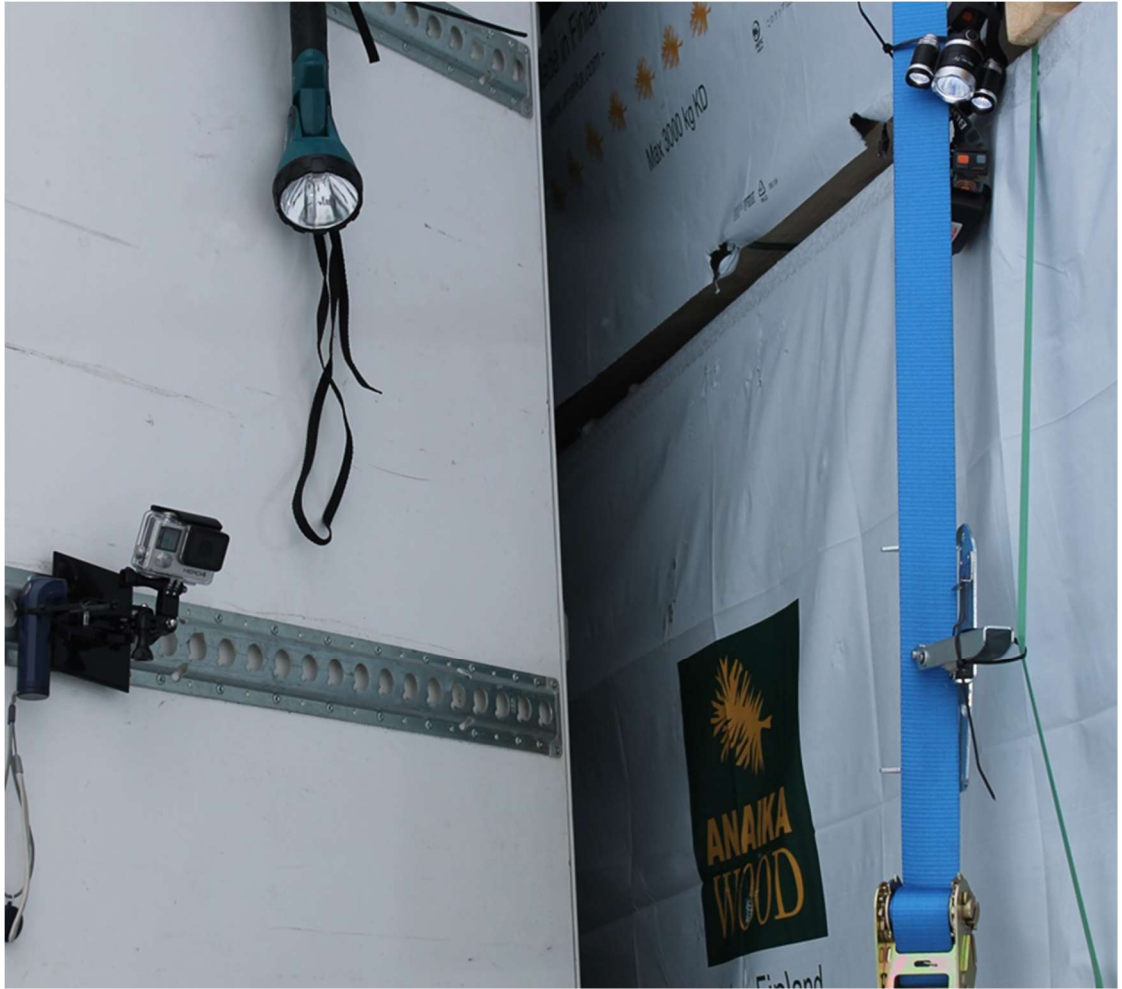
Kuva 6 näyttää mittarin lukeman kalibroinnin jälkeen. Ensimmäisen säädön jälkeen lukema näytti joka kerta, mitä pitikin, eli kalibrointilevyn kanssa 300 daN.



Kuva 6. Mittarin lukema kalibroinnin jälkeen (Ruotsalainen 2019)

Pakkaskeli aiheutti pientä hankaluutta muun muassa sähkölaitteiden, kuten kameroiden ja valaisimien akkujen kanssa, sillä ne tyhjenivät tavanomaista nopeammin. Vaikka sää oli aurinkoinen, niin kuormatila täytyi valaista, jotta kameran kuvasta sai selvää, sillä umpinainen kuormatila on pimeä, kun kaikki ovet on suljettu.

Tärinä aiheutti jonkin verran myös kameroiden suuntauksen muuttumista, joten luotettavimmaksi mittausmenetelmäksi osoittautui, kuten aiemmin jo totesinkin, pysähdysten aikana tehdyt mittaukset. Kameroiden muistikortteihin mahtui rajallinen 64 GT kuvaa, joten muistikortit täytyi vaihtaa myös joka pysähdyksen yhteydessä. Tämä aiheutti myös jonkin verran kameran asento-muutoksia, joten kaikki kuvamateriaali ei näytä edes mittaria, vaan yleisnäky-mää kuormatilasta muuten. Kuvassa 7 näkyy kameran, valaisinten ja kuor-mankireysmittarin asettelut kuormatilassa.



Kuva 7. Tutkimusvälineitä asetettuna paikoilleen kuormatilassa (Ruotsalainen 2019)

Kuormatilassa olleen kameran akku tyhjeni pakkasessa suhteellisen nopeasti, joten vakiintuneeksi käytännöksi tuli pysähdyksen jälkeen mitata liinojen kireydet, vaihtaa muistikortti ja kameran akku. Muistikortteja käytettävissä oli yhteensä kuusi. Muistikortin sisältö siirrettiin päivän päätteeksi tietokoneelle, jotta seuraavana päivänä olisi taas muistikortteja ollut riittävästi.

Kuvassa 8 näkyy ajoneuvon lastausta Anaika Woodilla. Puutavaran lastaukset ja purkaukset suoritettiin Anaikan pyöräkoneella ja sen teki aina kulloinkin vuorossa ollut koneen kuljettaja. Mittauksia varten saatiin käyttöön Anaika Woodin sahatavaranippuja, joita kuljetettiin Iisalmi-Toivala-Iisalmi-reitillä välillä kuormaliinojen kireyksiä mitaten.



Kuva 8. Kuorman lastausta Anaika Woodilla (Ruotsalainen 2019)

Kyseinen reitti määräytyi lähinnä käytännön syistä, sillä yhdistelmäajoneuvo täytyi saada turvalliseen paikkaan, jossa sille on riittävästi tilaa seistä mittauksien ajan häiritsemättä muuta liikennettä. Mittauspisteiksi valikoitui Anaikan tehdas Iisalmi, Matin ja Liisan asema Lapinlahti ja Ylä-Savon ammattiopiston toimipiste Toivala.

Iisalmi-Toivala-Iisalmi-reitin pituudeksi tuli 169 km ja yhden reitin aikana mittauksia tuli yhteensä viisi, eli lastaus ja purkupaikalla, välitapilla Lapinlahdella mennessä tullen ja Toivalassa, josta käännyttiin takaisin Iisalmeen. Kuvassa 9 ajoneuvo mittauksella Toivalassa.



Kuva 9. Yhdistelmäajoneuvo kuorman sidonnan kireyden mittauspaikalla Toivalassa (Ruotsalainen 2019)

Kuormia ajettiin yhteensä viisi. Viimeinen kuorma poikkesi muista kuormista siten, että se koostui pienemmistä nipuista. Tästä kuormasta haluttiin selvittää minkä verran kuorma löystyy lyhyellä matkalla yön aikana.

Viimeinen kuorma lastattiin tiistai-iltana, ajoneuvo siirrettiin 16 kilometrin päähän yötauolle ja kuorma palautettiin seuraavana aamuna. Tämän järjestelyn tavoitteena oli saada selvyyttä tilanteeseen, joka on kuljetuksissa melko yleinen, eli kuorma tehdään illalla valmiiksi, ajoneuvo ajetaan levähdyspaikkaan ja sen kuljetusta jatketaan aamulla, kun vuorokautinen lepoaika on tullut täyteen.

10.2 Poliisin raskaan liikenteen valvonta ja siinä tehdyt mittaukset

Viikolle 10 sovittiin Itä-Uudenmaan Poliisin kanssa, että tullaan 7.3.2019 mukaan raskaan ajoneuvoliikenteen valvontaan, jossa haastateltaisiin poliisimiehiä ja autonkuljettajia kuormansidontaan liittyvistä asioista sekä tehtäisiin mittauksia kuormaliinojen kireyksille.

Tapaaminen sovittiin erään kaupan pihaan, josta meitä tultaisiin ohjaamaan ratsiapaikalle. Poliisipartio tuli sovittuun aikaan kaupan pihaan ja pikaisten

esittäytymisten jälkeen lähdettiin ajamaan peräkkäin pitkin Sipoon mutkaisia teitä. Taivaalta tuli räntää ja oli muutama aste pakkasta. Noin viidentoista minuutin ajomatkan jälkeen saavuttiin levähdysalueelle, jonne samaan aikaan tuli muutama partio poliiseja. Virkakoneisto alkoi tehokkaasti organisoimaan tulevaa raskaan liikenteen valvontaa.

Hetken päästä alkoi raskaita ajoneuvoja saapua levähdysalueelle ja Poliisi aloitti ajopiirturitietojen, ajolupien ja kuormakirjojen tarkistuksen. Kotimaanliikenteessä rahtikirjat eivät ole pakollisia, mutta niistä selviää helpoiten kuorman paino ja laatu.

Itse mittaukset ja mittarin tulokset herättivät aitoa kiinnostusta myös kuljettajien keskuudessa ja osa kuljettajista intoutui enemmältikin juttusille. Juttutuokiosta välittyi yleensä se, että kuljettajat ainakin pyrkivät sitomaan kuormansa hyvin, mutta tiedostivat myös sen tosiasian, että aivan kaikkia kuormia ei voi sitoa niin hyvin kuin haluaisi.

Tutkijan ja turvallisuuden näkökulmasta oli ilo seurata, kuinka isokin rekka-mies oli silminnähden tyytyväinen, jos heille pystyi mittarin lukeman perusteella kertomaan, että sidontaliina on ”keskimääräistä” tiukemmalla. Osa jopa halusi kiritä liinoja lisää ja kokeilla kuinka kireälle he liinan pystyvät kiristämään.

Mittari herätti kiinnostusta myös poliisimiesten keskuudessa, joten mittaria, sen toimintaperiaatetta ja käyttöä päästiin esittelemään useampaan otteeseen. Poliisilla ei ainakaan toistaiseksi ole käytettävissä mittaria kuormaliinosten kireyden tarkistamiseksi, joten valvova viranomainen on niin sanotusti samalla viivalla kuljettajien kanssa. Kuvassa 10 esitellään kireysmittarin toimintaa ja tutkimuksen tavoitteita raskaan liikenteen valvontaan osallistuville poliisimiehille.



Kuva 10. Mittarin esittelyä Poliisille (Ruotsalainen 2019)

Haastateltujen poliisimiesten näkemys kuormien sidonnoista oli pääpiirteissään, että ammattiliikenteessä kuljetettavat kuormat ovat yleensä hyvin tehtyjä ja sidottuja, eli turvallisia kuljettaa. Puutteita on yleensä henkilöautojen kuormien sidonnoissa. Käytännön esimerkkejä kuulemma löytää päivittäin moottoriteiden pientareilta purkautuneina kuormina ja rikkoutuneina tavaroina, rakennustarvikkeet ja huonekalut yleisimpinä kuljetusartikkeleina. (Lindh & Väänänen 2019.)

10.3 Pihakivikuormalla tehdyt mittaukset

Keväällä 2019 ajettiin muutama kuorma pihakivilaattoja tehtaalta työmaalle. Ylä-Savon ammattiopiston talonrakentajien työmaalle oli tilattu kolme yhdistelmäkuormallista pihalaattoja. Kuormat päätettiin kuljettaa logistiikka-alan ammattipätevyysajoina ja ammattiosaamisen näyttöinä tavarakuljetuksen hallinnasta ja yhdistelmäajoneuvon kuljettamisesta. Samalla tarjoutui oiva tilaisuus tehdä lisämittauksia kuormansidonnasta löystymisestä.



Kuva 11. Kuvassa opiskelija sitomassa perävaunun kuormaa Someron tehtaalla (Ruotsalainen 2019)

Kuormat ajettiin samalla ajoneuvolla kuin talvella mitatut sahatavarakuormat, eli ilmajousitetulla kuorma-autolla, jonka perään oli kytketty ilmajousitettu, VAK:n valmistama perävaunu. Yhdistelmän kuormansidonta tehtiin osana yhdistelmäajoneuvonkuljettajan perustutkintoon liittyvää näyttöä, kuvassa 11 opiskelija on suorittamassa perävaunun kuorman sidontaa.

Vetoautossa käytettiin samoja Hakliftilta hankittuja kuormaliinoja, jotta vertailu aiempien kuormien mittaustuloksiin olisi mahdollisimman vertailukelpoista. Ensimmäinen kuorma noudettiin HB-Betoniteollisuuden Someron tehtaalta. Kuorma muodostui lavoille pakatuista pihakivilaatoista. Kaikki lavat olivat saman painoisia ja muotoisia.

Kuorma sijoitettiin ajoneuvon akselimassat ja kuormauskyky huomioiden siten, että kuorman etumaiset lavat olivat kuormatilan etusermiä vasten, joten etuseinän kuorman eteenpäin liikkumisen estävää vaikutusta pystyttiin hyödyntämään kuormansidonnassa.

Kuormanvarmistuksessa käytettiin tuentaa, ristikkäissidontaa, sekä ylitsesidontaa. Mikäli kuorman paino olisi ollut enintään 6 tonnia, ei sidontamääräysten mukaan eteenpäin estävää ristikkäissidontaa olisi välttämättä tarvittu lainkaan, sillä etuseinän tuentakyky on 6 tonnia. Kuvassa 12 näkyy Somerolta noudetun kuorman sijoittelu ja sidonta vetoautoon.



Kuva 12. Vetoauton kuorma sidottuna Someron BT-Betoniteollisuuden tehtaalla (Ruotsalainen 2019)

Toinen kuorma noudettiin HB-Betoniteollisuuden Jyväskylän tehtaalta. Myös nämä lavat olivat samanpainoisia ja muotoisia keskenään. Myös tässä kuormassa kuormanvarmistukseen käytettiin etusermin tarjoamaa tukea eteenpäin liikkumisen estämiseksi, ylitsesidontaa sekä ristiin sidontaa. Viimeinen lava siidottiin vielä erikseen ristiin, sillä se jäi lastatessa hieman irti muista lavoista. Kuvat 13 esittävät Jyväskylästä noudetun pihakivikuorman sijoittelua ja sidontaa vetoautossa.



Kuva 13. Jyväskylän HB-Betoniteollisuuden tehtaalta noudetun kuorman sijoittelu ja sidonta autoon (Ruotsalainen 2019)

Suurin ero näissä saman tehtaan eri paikkakunnilla pakatuissa lavoissa oli kuljetuksen kannalta se, että toiset laatat oli pakattu lavan kokoiseksi ja toiset oli pakattu siten, että lavan pohja oli suurempi kuin kuljetettava tuote. Pakkausteknisesti jälkimäinen pakkaus on suunniteltu siten, että lava suojaisi itse kuljetettavaa tavaraa rikkoutumiselta sitä käsiteltäessä.

Molempien tehtaiden kuormalavat olivat tehtaan tarpeisiin tehtyjä puisia kertakäyttölavoja, eivät siis standardinmukaisia FIN- tai EUR-lavoja. Puusta valmistetut kuormalavat kestävät yleensä noin tuhannen kilon painon hyvin. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 69.)

11 TUTKIMUSTULOKSET

Tähän opinnäytetyöhön tehtiin kolme erillistä tutkimusta, joista ensimmäinen tehtiin 4–6.3.2019. Ensimmäisen tutkimuksen kohteena oli sahatavarakuormat ja niiden sidonnan löystyminen mittaamalla.

Tutkimuksen toinen vaihe toteutettiin 7.3.2019 Itä-uudenmaan liikkuvan Poliisin raskaan liikenteen valvonnan yhteydessä tehdyillä haastatteluilla ja kuormiin kohdistuvilla sidontojen tarkistuksilla sekä sidontaliinujen kireysmittauksilla.

Kolmas vaihe tutkimuksissa oli vertailukuormina ajettujen pihakivikuormien kuormaliinoille tehty mittaukset, jotka tehtiin 4.5–7.5.2019. Kuormaliinujen kireydet mitattiin lastauksen jälkeen ja ennen purkua. Välimittauksia näille kuormille ei aikataulun ja pitkän kuljetusmatkan vuoksi tehty, vaan kuormaliinat tarkistettiin käsin kokeilemalla lakisääteisen tauon yhteydessä, kuten normaalisti-kin kuljetuksen aikana tehtäisiin. Aistivaraisesti koettamalla jälkikiristykseen tarvetta ei ilmennyt.

11.1 Sahatavaralla tehtyjen mittausten tulokset

Sahatavarakuormia ajettiin kolmena perättäisenä päivänä. Kuormia ajettiin yhteensä viisi. Neljä kuormaa ovat keskenään täysin vertailukelpoisia, sillä mittauspisteillä ne olivat olleet kuljetettavana ajoneuvon kyydissä yhtä pitkän matkan. Kuljettaja, ajoneuvo ja ajokeli pysyivät kaikkina sahatavarakuormien mittauspäivinä samoina.

11.1.1 Mittauspäivä 1

Kaksi ensimmäistä kuormaa ajettiin 4.3.2019. Kuljetettavana vetoautossa oli neljä nippua kuusi metriä pitkää 32 x 135 kuusipuuta. Kuorman paino oli kahdella ensimmäisellä kuormalla 10,6 tonnia. Kuorma sidottiin tutkittavien liinujen osalta ylitsesidontamenetelmällä. Tutkimuksessa mitattavat kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireyteen.

Ajoneuvolla ajettiin noin 37 kilometriä ensimmäiselle pysähdyspaikalle ja tarkistettiin kuormaliinujen kireydet. Ylitsesidontaan kuormaa varmistaessa oli käytetty kolme kuormaliinaa. Ensimmäisen kuormaliinan kireys oli pudonnut 300 daN:iin. Toisen kuormaliinan kireys oli myös 300 daN:n ja kolmas kuormaliina oli 250 daN:n kireydellä.

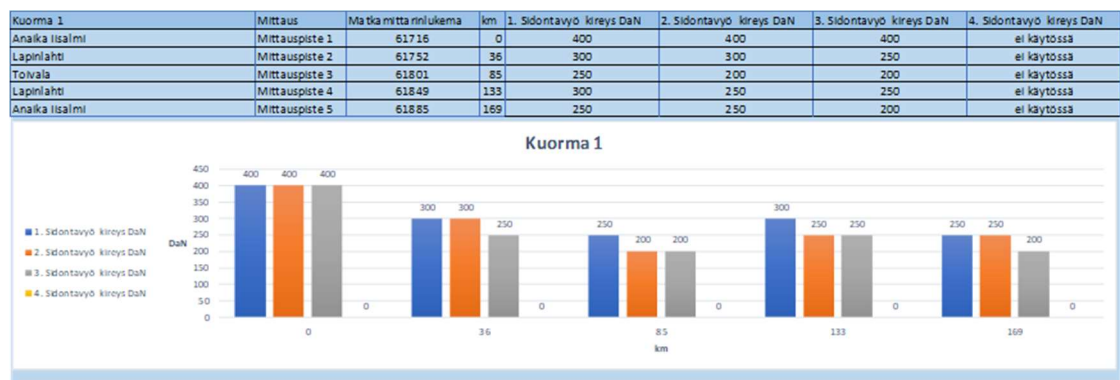
Toinen pysähdys tehtiin noin 49 kilometrin päässä ensimmäisestä pysähdyksestä, eli kuormaa oli kuljetettu toisen pysähdyksen alkaessa 85 kilometriä.

Toisessa pysähdyksessä 1. kuormaliina oli 250 daN:n, 2. kuormaliina 200 daN:n ja kolmas oli myös 200 daN:n kireydellä.

Kolmas pysähdys tehtiin 133 kilometrin ajomatkan jälkeen, jolloin kuormaliinojen kireydet olivat 1. kuormaliinan osalta 300 daN, 2. kuormaliinan osalta 250 daN ja kolmannen osalta mitattuna 250 daN. Tämä osoittaa sen, että kuorma on löystynyt sen verran, että se on päässyt liikkumaan ainakin sivusuunnassa siten, että se on painunut kuormaliinoja vasten siten, että kiristimen puolelta mitattuna kuormaliina on kireämmällä, kuin edellisessä mittauksessa.

Viimeinen kuormaliinojen kireyden mittaus tehtiin 169 ajokilometrin jälkeen, jolloin oltiin taas Anaikan lisalmen sahalla. Kuormaliinojen kireydet mitattiin vielä ennen kuorman purkamista ja kireysmittari näytti lukemaa 250 daN ensimmäiselle, 250 daN toiselle ja 200 daN kolmannelle kuormaliinalle. Taulukossa 1 näkyy ensimmäisen kuorman ajettut kilometrit ja kuormaliinojen kireydet.

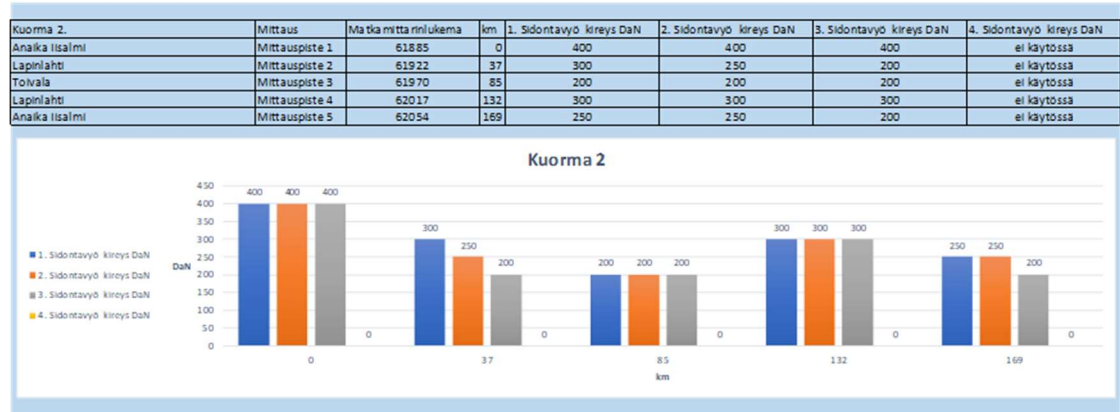
Taulukko 1. Ensimmäisen kuorman kuormaliinojen kireydet mittauspisteittäin kuormaliinakohteisesti esitettynä (Ruotsalainen 2019)



Tämän jälkeen kuorma otettiin pois, käännettiin ja lastattiin uudelleen. Kuorma sidottiin jälleen ja kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireyteen. Toinen kuorma ajettiin samoin kuin edellinenkin. Toisen kuorman mittaustulokset näkyvät taulukossa 2. Myös toisella kuormalla havaittiin kuormaliinojen käyvän löysemmällä samalla mittauspaikalla ja kiristyvän hieman seuraavalle mittauspisteelle tultaessa.

Toisella kuormalla kuormaliinat löystyivät enemmän ensimmäiselle mittauspaikalle ajettaessa, mutta testilenkin päätyttyä molemmissa kuormissa olevat kuormaliinat olivat samalta kohdalta mitattuna yhtä kireällä.

Taulukko 2. Toisen kuorman mittaustulokset (Ruotsalainen 2019)



Ensimmäisen päivän mittaukset oli saatu päätökseen. Kuorma purettiin, kuoramatila lakaistiin ja ajoneuvoyhdistelmä ajettiin Ylä-Savon ammattiopiston halliin odottamaan seuraavan päivän mittauksia.

11.1.2 Mittauspäivät 2 ja 3

Mittausten toinen päivä suoritettiin samalla kaavalla kuin edellinenkin. Kuorman lastauksen jälkeen kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireyteen. Kuormana oli tällä kertaa 44 x 100 kuusta. Vetoauton kuorman massa oli 8,7 tonnia.

Kuormien mittaukset erosivat tällä kertaa toisistaan siten, että neljäs kuorma mitattiin lastauksen jälkeen 15 minuutin jälkeen ilman, että ajoneuvolla ajettiin. Kuormaliinat eivät olleet löystyneet.

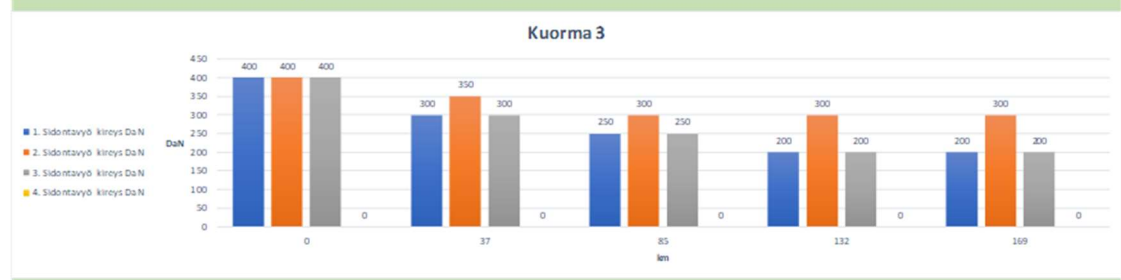
Seuraava mittauspiste neljännellä kuormalla oli 2 kilometrin ajomatkan jälkeen. Kuormaliinat olivat löystyneet kahden ensimmäisen kuormaliinan osalta 300 daN:iin ja kolmas kuormaliina oli 250 daN kireydellä.

37 kilometrin ajomatkan jälkeisellä mittauspisteellä kuormaliinat olivat kolmannen kuorman osalta 300 daN, 350 daN ja 300 daN ja neljännen kuorman osalta vastaavat lukemat olivat 250 daN kaikilla kuormaliinoilla.

Taulukosta 3 on nähtävissä kuormaliinojen kireydet eri mittauspisteillä. Neljäs kuorma löystyi hivenen enemmän kuin kolmas. Neljännen kuorman mittausten tulokset näkyvät taulukossa 4.

Taulukko 3. Kuorman 3 mittausten tulokset (Ruotsalainen 2019)

Kuorma 3.	Mittaus	Matkamittarin lukema	km	1. Sidontavvyö kireys DaN	2. Sidontavvyö kireys DaN	3. Sidontavvyö kireys DaN	4. Sidontavvyö kireys DaN
Anaika Iisalmi	Mittauspiste 1	62081	0	400	400	400	ei käytössä
Lapinlahti	Mittauspiste 2	62118	37	300	350	300	ei käytössä
Toivola	Mittauspiste 3	62166	85	250	300	250	ei käytössä
Lapinlahti	Mittauspiste 4	62213	132	200	300	200	ei käytössä
Anaika Iisalmi	Mittauspiste 5	62250	169	200	300	200	ei käytössä



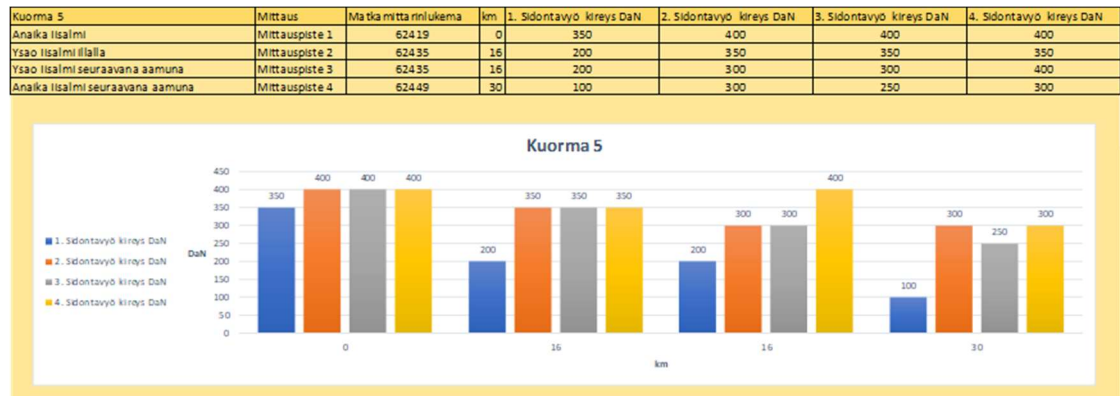
Taulukko 4. Kuorman 4 mittausten tulokset (Ruotsalainen 2019)

Kuorma 4.	Mittaus	Matkamittarin lukema	km	1. Sidontavvyö kireys DaN	2. Sidontavvyö kireys DaN	3. Sidontavvyö kireys DaN	4. Sidontavvyö kireys DaN
Anaika Iisalmi	Mittauspiste 1	62250	0	400	400	400	ei käytössä
Anaika Iisalmi 15 min jälkeen kiristyksen	Mittauspiste 2	62250	0	400	400	400	ei käytössä
Neste Iisalmi	Mittauspiste 3	62252	2	300	300	250	ei käytössä
Lapinlahti	Mittauspiste 4	62287	37	250	250	250	ei käytössä
Toivola	Mittauspiste 5	62335	85	200	200	200	ei käytössä
Lapinlahti	Mittauspiste 6	62383	133	200	200	200	ei käytössä
Anaika Iisalmi	Mittauspiste 7	62419	169	200	200	200	ei käytössä



Viides kuorma otettiin 2. mittauspäivän iltana kyytiin. Ajoneuvo ajettiin lyhyehkön ajomatkan, noin 16 kilometrin päähän ja jätettiin yön ajaksi paikoilleen. Tällä kertaa otettiin yksi kuormaliina enemmän käyttöön, sillä etummaista liinaa ei uskallettu kuorman laadun vuoksi kiristää aivan 400 daN kireyteen. Etummainen kuormaliina oli lastauksen jälkeen 350 daN kireydellä, muut 400 daN.

Taulukko 5. Kuorman 5 mittausten tuloksia. Löystymistä voi tapahtua, vaikka ajoneuvo ei liiku (Ruotsalainen 2019)



Kuten taulukosta 5 näkee, löysemmälle jäänyt kuormaliina löystyi huomattavasti enemmän kuin muut. Taulukosta voi nähdä myös paikallaan olevan ajoneuvon kuormansidonnin kireydessä muutoksia.

Viimeinen kuorma oli eräänlainen ylimääräinen erikoiskuorma. Eräs Anaika Woodin pyöräkoneen kuljettaja halusi testata niin sanotun ”pärtökuorman” löystymistä. Tämä kuorma koostui useammasta pienestä nipusta, kuten kuvasta 14 näkyy.



Kuva 14. Viimeinen sahatavarakuorma koostui useammasta pienemmästä nipusta (Ruotsalainen 2019)

Myös viimeisen kuorman kuormaliinojen kireydet mitattiin ennen kuormansidonnän poistamista.

11.2 Poliisin raskaan liikenteen valvonnassa tehtyjen mittausten ja haastattelun tulokset

Poliisin raskaan liikenteen valvonnan yhteydessä tehtiin mittauksia, poliisi-
miesten ja kuljettajien haastatteluja, sekä kuormansidonnän tarkistuksia ja si-
donnän kireyden mittauksia siltä osin, kuin ne kuorman laatu ja ajoneuvo huo-
mioiden olivat mahdollisia.

Poliisin haastattelussa ilmeni, että raskaan liikenteen valvontaan valikoituvat
sellaiset poliisimiehet, jotka ennestään raskaan liikenteen ajoneuvoista ja asi-
oista jotakin tietävät, sekä ne, joita asia kiinnostaa. Poliisikoulusta ei valmistu
erilliseltä linjalta erityisesti liikenteen, etenään raskaan liikenteen, valvontaan
koulutettuja henkilöitä.

Tieliikennelaki ja määräykset ja asetukset ovat kaikille samat. Niitä sitten tulki-
taan tilannekohtaisesti käytännössä. Kuljettajat joutuvat tasapainoilemaan
asetusten ja määräysten kanssa ja hyvin pitkälti lopputulos sidonnän onnistu-
misesta ja lainmukaisuudesta on kuljettajan oppineisuuden ja asenteiden tu-
los.

Poliisi valvoo lakia omasta näkökulmastaan, eli liikenneturvallisuuden, tieli-
kennelain ja määräysten ja asetusten valossa. Poliiseilla luonnollisestikin on
nämä lakitekstit aina saatavilla, joten lain kirjaimen valvonta on virkamiehen
tekemää tulkintaa laista ja tämä tulkinta taas on puolestaan poliisimiehen val-
veutuneisuuden ja kokemuksen tulosta. Yhteinen tekijä kuljettajan ja Poliisin
tekemän lain ja säädösten tulkinnan ja toteutuksen osalta on se, että molem-
pien velvollisuuksiin kuuluu varmistaa, että kuorma voidaan kuljettaa turvalli-
sesti muuta liikennettä ja tienkäyttäjiä vaarantamatta.

Valvonnan yhteydessä tarkastetuissa kuormissa havaittiin jonkin verran puut-
teita. Puutteita löytyi muun muassa etusidonnoissa, löystyneinä tai liian löy-
sälle jätetyissä kuormaliinoissa, kuorman sijoittelussa ja sidonnassa. Oli näen-
näisesti sidottuja kuormia ja niin sanottuja rajatapauksia eli kuljettajalla oli

hyvä aikomus sidontaan liittyen, mutta kuorman laatu oli sellainen, että sitä ei käytettävissä olleilla sidontavälineillä paremmin voinut sitoa. Kuvan 15 kaltaisia näennäisesti asiallisesti sidottuja kuormia näkee erityisesti jakeluautoissa, joissa kuormia käsitellään paljon ja kuormaustilanteet ovat kiireisiä.



Kuva 15. ADR-kuljetus, joka tarkastettiin valvonnan yhteydessä (Ruotsalainen 2019)

Valvonnan yhteydessä nähtiin myös erittäin hyvin sidottuja kuormia ja erittäin sitoutuneita, asiallisesti työhönsä suhtautuvia ammattilaisia. Erään asiallisesti kuormansa sitoneen yhdistelmäajoneuvonkuljettajan mielestä kaikkein hankalimpia sidottavia on lankakuormat, sillä ne löystyvät sitä mukaa, kun niitä yritetään kiristää. Tämä johtunee siitä, että esimerkiksi rautalankarullassa on tyhjää keskellä ja kun vastavoimaa kuormaliinan tai ketjun jännitykselle ei ole, se joustaa tai liikkuu kiristysvälineen voiman suuntaisesti.

Kaikkia ajoneuvojen kuormia ei päästy tarkistamaan, sillä tarkastuksessa oli myös sinetöityjä kuormatiloja. Osa sineteistä oli tosin kuljetusyritysten omia sinettejä, eli ne voidaan Poliisin toimesta avata ilman Tullin paikalle kutsumista. Kuvassa 16 näkyy yksi sinetöidyistä kuormista. Sinetti ei ole Tullin laittama, vaan kuljetusyrityksen oma.



Kuva 16. Yrityksen oma sinetti asennettuna ajoneuvon oveen (Ruotsalainen 2019)

Kuormaliinujen kireyksien mittauksissa hajonta oli laaja. Kuormista löytyi sel-
laisia liinoja, joista ei saatu lukemia lainkaan, eli ne olivat alle 50 daN. Toinen
ääripää oli liinat, jotka olivat 500 daN:n kireydellä eli mittarin ylärajalla.

Eräs kuormista oli siinä mielessä mielenkiintoinen, että kuljettajan mielestä
kuormaliinat olivat riittävän kireällä. Mitattuamme kuormaliinan kireyden, kul-
jettaja kiristi pyynnöstä (tutkimusmielessä) kuormaliinaa omasta mielestään
niin tiukalle kuin hän yleensä kiristää kuormaliinaa silloin kun se on jo hänen
mielestään todella kireällä.

Tulos oli hämmentävä. Alun perin kuormaliinan kireys oli alle mittarin lukeman,
eli vähemmän kuin 50 daN. Kuljettajaa pyydettiin kiristämään liinaa sen ver-
ran, että se hänen mielestään oli riittävän kireällä, jolloin tulos oli 100 daN. Yli-
lytettäessä kuljettajaa kirimään kuormaliinan ”tosi” kireälle, lukema nousi 200
daN:iin. Tämä oli kaikista mitatuista kuormista heikoiten sidottu siten, että
kuorman kaikki liinat olivat löysällä ja sidonta oli muutenkin vähäistä.

Kuljettaja ilmoitti, että kuljetettava matka on niin lyhyt, että hän ei viitsinyt sitä
ruveta sen ihmeemmin sitomaan, eli jos pitäisi kuljettaa pitemmälle, niin kyllä

hän sitten sitoisi kunnolla. Kuvassa 17 eräs todella löysällä olleen kuorman mittauksista. Mittarin viisari ei näyttänyt lukemaa ollenkaan.



Kuva 17. Osa valvonnassa mitatuista kuormista oli hyvinkin löysällä (Ruotsalainen 2019)

Mitattujen kuormien sidontavöiden kireydet olivat keskimäärin 150–250 daN:n välillä. Yleisesti ottaen kuormat olivat hyvin sidottuja ja riittävän tiukalla valvo-
van viranomaisen mielestä. Kuvassa 18 painotalolta lähtenyt kuorma tarkas-
tuksessa.



Kuva 18. Painopaperikuorma kuormanvarmistuksen tarkistuksessa (Ruotsalainen 2019)

Jonkin verran sidontoja korjattiin tarkastuksen yhteydessä, jotta ne voivat jatkaa turvallisesti matkaa. Kuvan 19 kuormaa ja sidontaa täytyi kohennella ennen, kuin se voitiin laskea jatkamaan.



Kuva 19. Osassa kuormien sidonnoista oli vakavia puutteita (Ruotsalainen 2019)

11.3 Pihakivikuormalla tehtyjen mittausten tulokset

Somerolta ja Jyväskylältä ajettiin vertailukuormina pihakiviä. Pihakivikuormien kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireyteen kuten sahatavarakuormillakin.

Tällä kertaa kireyksiä voitiin mitata myös kuorman päältä, ja Jyväskylän kuorman osalta myös kuorman seinän puoleiselta sivulta.

11.3.1 Someron kuorma

Someron kuormaa lähdettiin noutamaan 4.5.2019 klo 6.45 aamulla Iisalmen paikallista aikaa. Ajomatkaa yhteen suuntaan kertyi yli 500 kilometriä, joten ajoneuvo lastattiin 4.5.2019 alkuillasta.

Kuorman lastauksen jälkeen kuormaliinat suojattiin kulmasuojilla, jotta kuormaliinat eivät vaurioidu hankautuessaan betonikiviä vasten ja siten menetä sidontalujuuttaan. Kuormaliinat kiristettiin 400 daN:n kireyteen. Kuormaliinojen ja kulmasuojien sijoittelu näkyy kuvassa 20.



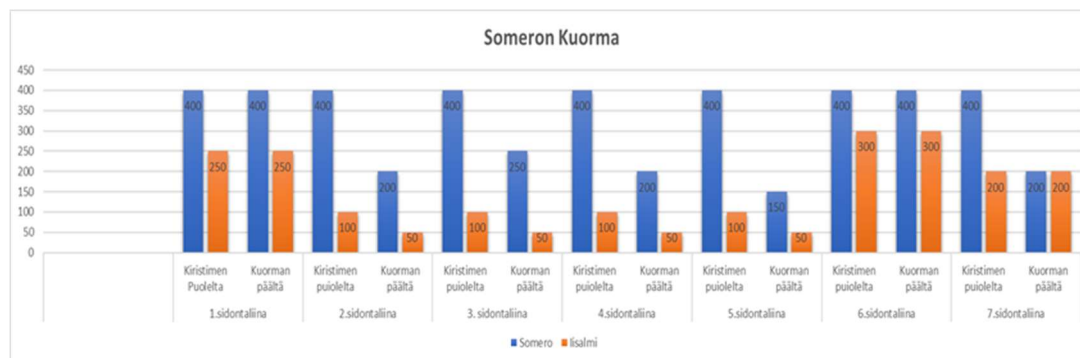
Kuva 20. Someron kuorman sidonta vetoautossa (Ruotsalainen 2019)

Kuormaliinojen kireydet tarkistettiin noin tunnin ajomatkan jälkeen taukopaikan parkkipaikalla käsin koettamalla. Liinojen kireydet eivät olleet käsin koettaessa muuttuneet, joten niitä ei pitkän ajomatkan ja ajankäytön niukkuuden vuoksi erikseen mittarilla mitattu.

lisalmeen saavuttiin alkuyöstä noin klo 2. Kuorman purku tehtiin 5.5.2019 klo 13–14.30 välisenä aikana. Ennen kuorman purkamista kuormaliinojen kireydet mitattiin. Mittaukset tehtiin kuorman päältä ja kiristimen puoleiselta sivulta. Tässä tutkimuksessa keskityttiin ylitsesidontaan, joten merkityksellisiksi mitattaviksi kuormaliinoiksi valikoitui kuorma-auton osalta seitsemän.

Kuten taulukosta 6 on havaittavissa, kuormaliinojen kireydet kiristimen puolelta mitattuna lisalmessa oli pudonnut kaikissa kuormaliinoissa jonkin verran. Kirein kuormaliina oli 300 daN:n kireydellä, löysimmät jopa alle 50 daN:n.

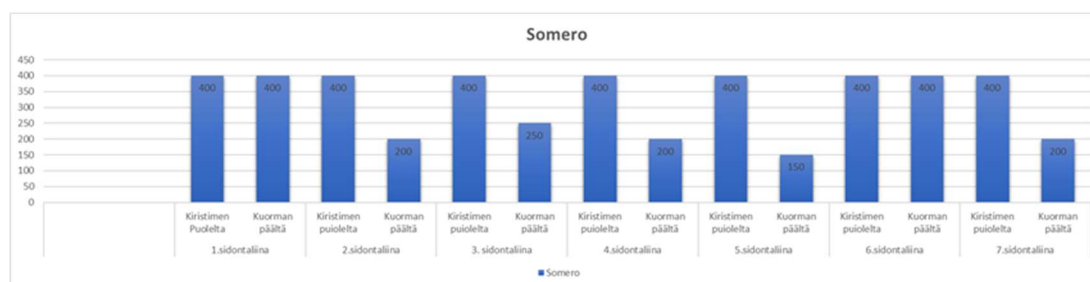
Taulukko 6. Someron kuormalla tehdyt mittaukset (Ruotsalainen 2019)



Kuorman päältä mitatuista kireyksistä huomion arvoista on se, että vaikka kaikki liinat on kiristetty yhtä kireälle, osassa kuormaliinoista kuorman päällä mitatut arvot ovat huomattavasti matalampia, kuin kiristimen puolelta mitatut. Kuorman päältä mitattujen kuormaliinojen kireydellä ei ole itsessään kuormansidonnan kannalta merkitystä, mutta voi auttaa ymmärtämään paremmin kuorman löystymisen mekanisme.

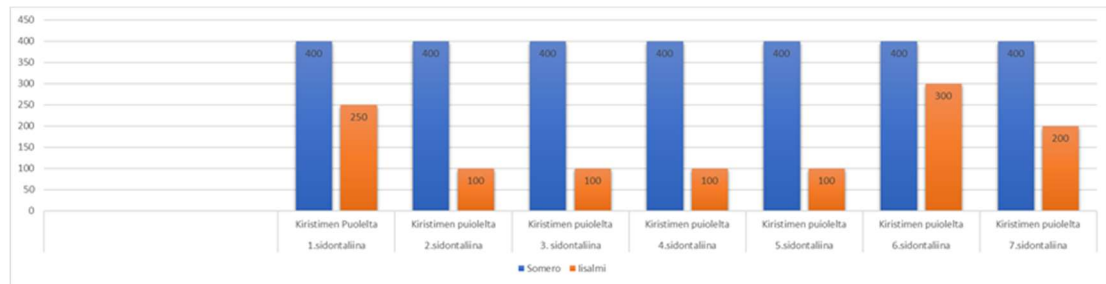
Kuormaliinojen kireydet Somerolla kuorman päältä mitattuna olivat 150–400 daN:n väliltä. Ylempänä olevassa taulukossa 6 on kuvattu kuormaliinojen kireydet sinisellä lastauksen jälkeen Somerolla ja oranssilla ennen kuorman purkamista Iisalmessa. Taulukossa 7 Kuormaliinojen kireyksiä on tarkasteltu sivulta ja päältä lastauksen jälkeen Somerolla.

Taulukko 7. Kuormaliinojen kireydet Somerolla kiristimen puolelta ja kuorman päältä mitattuna (Ruotsalainen 2019)



Taulukossa 7 esitetään kuormaliinojen kireydet kiristimen puolelta mitattuna liinakohtaisesti. Kuormaliinat 2–5 olivat löystyneet ajon aikana 100 daN:n kireyteen. Ensimmäinen kuormaliina oli Iisalmessa 250 daN:n kireydellä, kuudes liina 300 daN:n kireydellä ja seitsemäs kuormaliina oli 200 daN:n kireydellä.

Taulukko 8. Someron kuorman löystymisen tarkastelu kiristimen puolelta mitattuna (Ruotsalainen 2019)



Lasketaan ylitsesidonnalla saavutettu kuormanpidätyskyky eteenpäin kohdistuvia voimia vastaan 10 m/s^2 hidastuvuudella. Lähtötilanteen kuormansidonnalla kireyksillä saadaan vastaukseksi noin 4,5 tonnia. Löystyneen kuormansidonnalla kuormanpidätyskyky yllä olevan kaavion luvuilla laskettuna on vastaavasti 1,8 tonnia. Kitkakerroin yllä olevissa laskelmissa on 0,45.

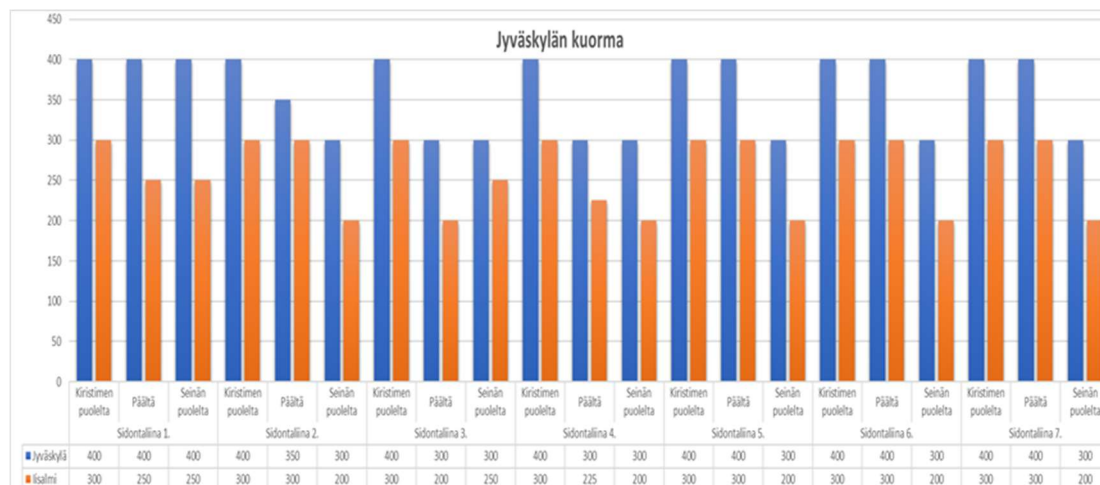
Mikäli käytetään pelkistettyä laskentatapaa, jonka mukaan ylitsesidonnalla saavutetaan 25% kuormaliinan nimellislujuudesta, kuormansidontakyky olisi noin 2,9 tonnia. (Jukkara ym. 2008, 90.) Jotta tämä kuormansidontakyky saavutettaisiin, pitäisi kaikkien liinojen olla vähintään kireydellä 250 daN. Kuormaliinojen todellisten kireyksien keskiarvo ennen kuorman purkamista oli noin 150 daN:a.

11.3.2 Jyväskylän kuorma

Jyväskylästä noudetusta kuormasta päästiin mittaamaan lähes kaikista kuormaliinoista kireydet molemmilta sivuilta ja kuorman päältä. Myös tämän kuorman osalta kireydet mitattiin lastaus- ja purkupäässä.

Taulukosta 9 näkyy ylitsesidonnassa käytettyjen kuormaliinojen kireydet kolmelta suunnalta mitattuina. Kuorma lastattiin Jyväskylässä ja purettiin lisalmessa. Jyväskylässä tehdyt mittaukset on esitetty taulukossa sinisellä värillä ja lisalmessa ennen kuorman purkua tehdyt mittaukset näkyvät oranssilla värillä. Taulukosta 9 on havaittavissa, että vaikka kaikki kuormaliinat on kiristetty 400 daN:n kireyteen, kiristysvoima ei välttämättä jakaudu aivan tasaisesti koko kuormaliinan jännitetylle alueelle.

Taulukko 9. Jyväskylän kuormalla tehdyt mittaukset (Ruotsalainen 2019)



Kuvassa 21 näkyy Jyväskylän kuorma, kun sitä valmistellaan purkamista varten. Kuvasta näkyy kuorman sijoitellun lisäksi kulmasuojat, joita käytetään estämään kuormaliinan hankautumista ja rikkoutumista kuorman teräviä reunoja vasten.



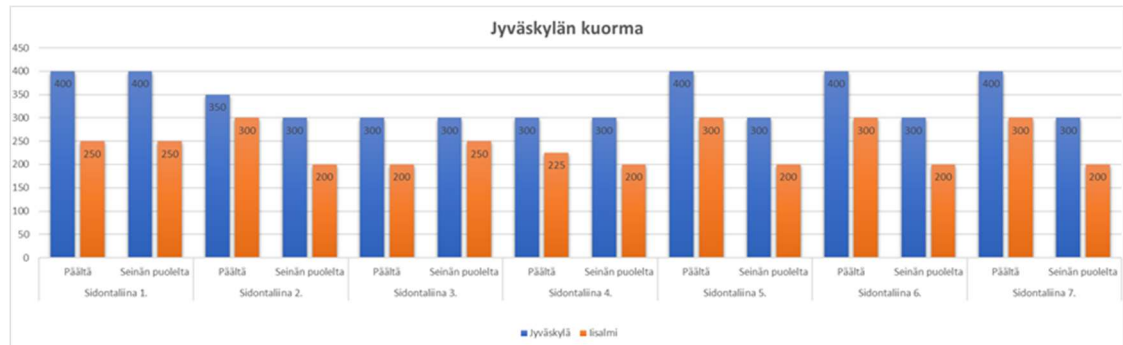
Kuva 21. Jyväskylän kuorma Iisalmessa ennen purkamista (Ruotsalainen 2019)

Iisalmessa tehtyjen mittausten perusteella kiristimen puoleiselta sivulta kaikki kuormansidontaliinat olivat 300 daN:n kireydellä. Sen sijaan kuorman päältä ja seinän puolelta tehdyissä mittauksissa oli jonkin verran eroa.

Kuorman päältä mitattuna kuormansidontaliina oli löystynyt alkutilanteessa 400 daN:n kireydellä olevissa kuormansidontaliinoissa 250–300 daN:iin, eli löystymistä oli tapahtunut 100–150 daN:a.

Alkumittauksessa 350 daN:n kireydellä ollut sidontaliina 2 oli löystynyt 300 daN:iin, eli 50 daN:a. Lähtöhetkellä 300 daN:n kireydellä olleet 2, 3 ja 4 kuormaliinat olivat 200daN:n ja 300 daN:n välillä, eli löystymistä oli enimmillään tapahtunut 100 daN:a. Taulukosta 10 näkee kuormaliinojen kireydet mitattuina Jyväskylässä ja lisalmessa kuorman päältä ja seinän puolelta.

Taulukko 10. Jyväskylän kuorman kireydet päältä ja seinän puolelta mitattuina Jyväskylässä ja lisalmessa (Ruotsalainen 2019)



Kuten taulukosta 10 näkyy, päältä mitattuna lähes kaikki kireydet olivat vähintään yhtä suuria tai suurempia kuin seinän puolelta mitatuissa. Tämä voi johtua siitä, että osassa mittauksia mittari jouduttiin työntämään kuorman ja kuormaliinan väliin, kun sivuilta tehdyissä mittauksissa mittarin sopi olemaan vapaasti kuormaliinassa ilman, että se otti kuormaan kiinni.

Mikäli tarkastellaan pelkästään kuorman seinän puoleiselta sivuilta mitattuja tuloksia, huomataan kuormaliinan löystyneen keskimäärin 100 daN:a Jyväskylän ja lisalmen välisellä matkalla. Keskimäärin sama näkyisi pätevän myös kirstimen puolelta tehtyihin mittauksiin Jyväskylän kuorman osalta.

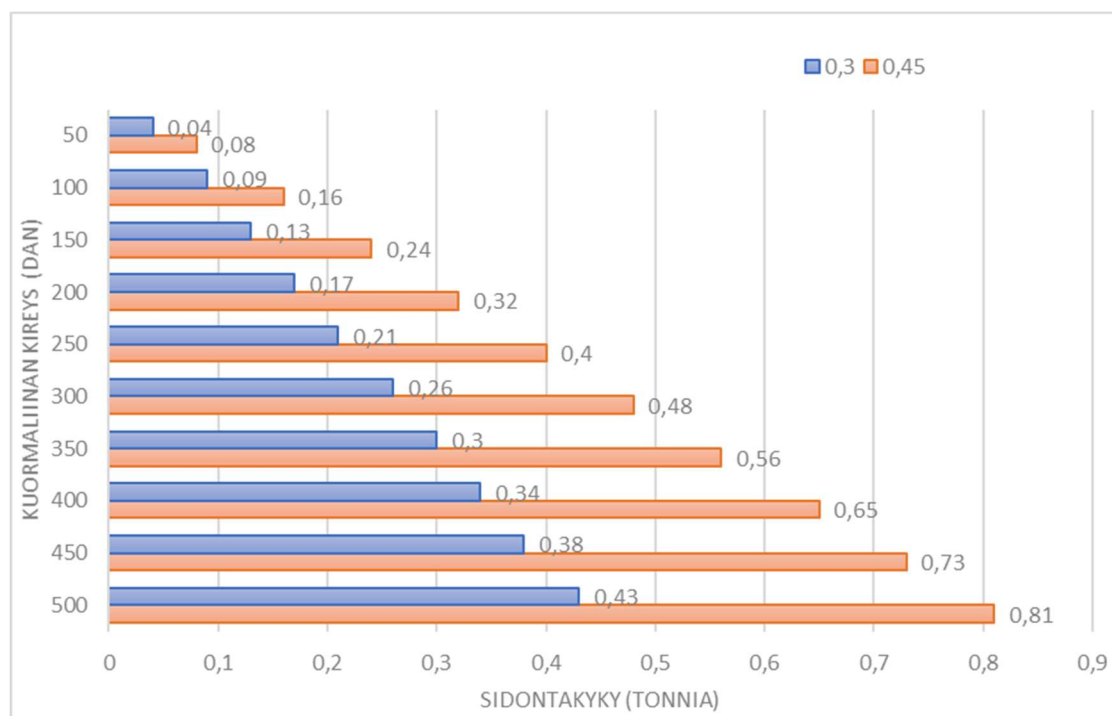
12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ylitsesidonnalla saavutettavaan kuormansidontakykyyn yhden kuormaliinan osalta tarkasteltuna vaikuttavat eniten kitka ja kuormaliinan kireys. Jos tarkastellaan kitkakertoimilla 0,3 ja 0,45 saavutettavaa kuormanpidätyskykyä kuormaliinan eri kireyksillä, voidaan havaita taulukosta 11, että kitkalla on suuri merkitys kuormansidontakykyyn.

Taulukossa punaisella palkilla merkityt 0,45 kitkakertoimella esitetyt kuormansidontakykyyn vaikuttaa merkittävästi myös kuormaliinan kireys. 500 daN:n kireydellä olevalla kuormaliinalla saavutetaan 0,81 tonnin sidontakyky. Mikäli kuormansidontaliina löystyy alkuperäisestä esimerkiksi 250 daN:iin, niin samalla kitkakertoimella kuormansidontakyky putoaa 0,40 tonniin.

Sinisillä palkeilla on taulukossa 11. esitetty 1 kuormaliinalla saavutettava kuormansidontakyky kitkakertoimen arvolla 0,3. Tällöin 500 daN:n kireydellä olevalla kuormaliinalla voidaan saavuttaa 0,43 tonnin kuormanpidätyskyky. Jos samalla kuormatilan ja kuorman välisellä kitkakertoimella kuormansidontaliina löystyy alkuperäisestä 250 daN:iin, kuormansidontakyky putoaa 0,21 tonniin.

Taulukko 11. Kitkan ja sidontavoiman välisen suhteen tarkastelua kuormaliinan eri kireyksillä (Ruotsalainen 2019)

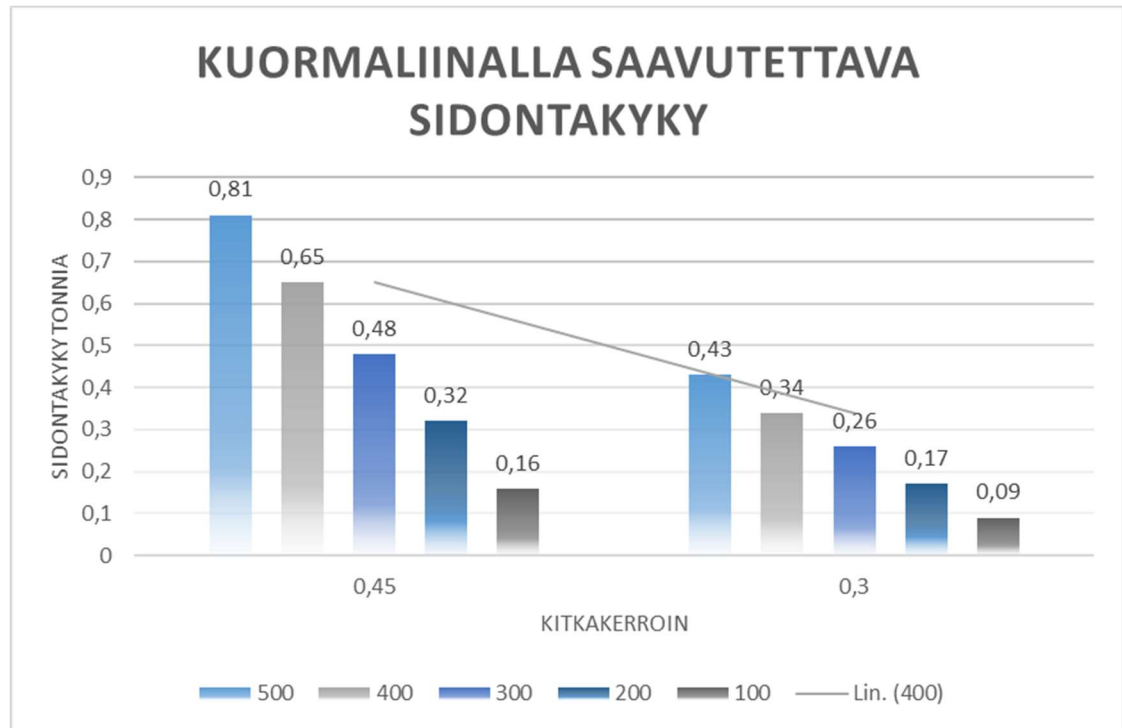


Kitkakertoimien 0,3 ja 0,45 välinen ero on samalla kuormaliinan kireydellä lähes kaksinkertainen. Sidontakyky muuttuu molemmilla kitkakertoimilla lähes samassa suhteessa sidontavälineen kireyden muuttuessa.

400 daN:n kireyden pudotessa 300 daN:iin kitkakertoimella 0,45 kuormansidontakyky heikkenee noin 25 prosenttia. Kitkakertoimella 0,3 kuormansidontavälineen kireyden muuttuessa 400 daN:sta 300 daN:iin prosentuaalinen ero

on hivenen pienempi, mutta saman suuntainen, kuten taulukosta 12 voi havaita.

Taulukko 12. Kireyden muutoksen vaikutus kuormansidontakykyyn kitkakertoimen arvoilla 0,45 ja 0,3 (Ruotsalainen 2019)



Taulukossa kuormaliinat on aseteltu 500–100 daN:n kireyksiin, ja ne on ryhmitetty kitkakertoimen arvojen 0,45 ja 0,3 mukaisesti. Trendiviiva osoittaa kireyden muutosta 400 daN:n kireyden mukaisesti.

13 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen suunnittelu ja siihen liittyvät vaiheet, oli pitkä ja monivaiheinen prosessi. Kun tutkimuksen aihe selkiytyi, alkoi tarvittavien välineiden, yhteistyökumppaneiden ja tarvikkeiden hankinta.

Yhteistyökumppaneiksi valikoitui Anaika Woods Oy, jolta saatiin kuormia ja kalustoa kuormien lastaukseen ja purkuun. Ylä-Savon ammattiopistolta saatiin kuljetuskalusto mittauksia varten.

HB-Betoniteollisuuden kuormat tulivat mukaan mittauksiin vertailun vuoksi ja osittain myös siksi, että tähän tarjoutui mahdollisuus. Kuormansidontaliinat tulivat Haklift Oy:ltä ja kuormaliinan kireysmittari tilattiin NWE-Network Oy:ltä.

Yhteistyökumppaneilla ei ollut vaikutusta tämän opinnäytetyön mittausten tai tavoitteiden asetteluun, vaan tutkimus tehtiin täysin riippumattomana omana tutkimuksena. Yhteistyökumppaneilla oli kuitenkin tärkeä rooli tarvittavien tarvikkeiden, materiaalien ja tutkimuskohteiden saamisessa tutkimuskäyttöön. Ilman yhteistyökumppaneita ja heidän myötämielisyyttään tähän tutkimukseen sen toteuttaminen olisi ollut huomattavan paljon vaikeampaa ja taloudellisesti haastavampaa.

Itselläni oli ennen mittauksia oletus, että kuormat löystyvät jonkun verran kuljetuksen aikana ja tavoitteena oli saada selville, kuinka paljon löystymistä tapahtuu. Tavoitteena oli selvittää myös, tapahtuuko tämä löystyminen tietyn ajan tai matkan kuluttua kuljetuksen aloittamisesta.

Sahatavarakuormien mittausten ajankohdaksi valikoitui viikko 10, jolloin Ylä-Savossa on hiihtolomaviikko. Tästä johtuen oppilaitoksen yhdistelmäajoneuvo saatiin käyttöön nuorisopuolen opiskelijoiden ollessa hiihtolomalla. Itä-Uudenmaan poliisin kanssa sovittiin samalle viikolle raskaan liikenteen valvontapäivä, jossa tehtiin mittauksia kuormansidonnoille muun valvonnan yhteydessä.

Sahatavarakuormilla tehtyjen mittausten perusteella kuormansidonta löystyy noin puoleen alkuperäisestä kireydestä alle 100 kilometrin matkalla.

Tässä tutkimuksessa ei tehty kuormalle tarkoituksella jälkikiristystä, joka normaalisti kuljetuksen yhteydessä tehtäisiin. Jälkikiristys olisi näiden mittausten tulosten perusteella järkevintä tehdä 35–85 km:n kuljetusmatkan jälkeen.

Käytännössä jälkikiristys tehdään yleensä ensimmäisellä taukopaikalla, jolloin alle 100 km:n etäisyydelle tehtävät kuljetukset todennäköisesti viedään perille normaaliolosuhteissa ilman jälkikiristystä, jolloin kuormansidonta ylitsesidontan osalta on saattanut heikentyä jopa 50 prosenttia.

Mikäli kuormansidonnan tarve on määritetty lähtiessä minimivaatimusten mukaisesti, saattaa kuorma olla niin löysällä, että se ei enää täytä hidastuvuuden vaatimusta arvolla 10 m/s^2 . Kuormaliinan löystyminen on käytännössä vaikeaa havaita. Kuljettaja huomaa yleensä kuormaliinan löystyneen joko ajoneuvon

käyttäytymisestä, mikäli kuorma on korkea tai siitä, että kuormansidontaliinan kiristintä käytettäessä se saattaa kiristyä seuraavaan kireyteen voimallisesti siihen vaikutettaessa.

Kuormaliinan kireyden lisäksi kuorman sidonnan pidätyskykyyn vaikuttaa suuresti kuorman ja kuormatilan lattian välinen kitka. Puhdas, kuiva ja hyväkuntoinen kuormatilan lattia antaa yllättävän hyvän lisän kuormansidontaan, kun taas roskainen, luminen ja jäinen kuormatila heikentää kuormansidontaa merkittävästi. Lukion taulukkokirjan kitkataulukon mukaan puun kertoimet ovat välillä 0,25–0,5 (Rantanen & Tiilikainen 1991, 84). Eurooppalaisen standardin mukainen kitkakerroin sahatun puupinnan ja kertopuu/vaneri-materiaaliyhdistelmän mukaan on 0,45 (EN 12195-1: 2010.)

Ylitsesidonta on erittäin tehokas kuorman sivuille liikkumista vastaan, mikä on merkittävä liikenneturvallisuuteen vaikuttava seikka ajoneuvon hallinnan ja ajettavuuden kannalta erityisesti korkeita kuormia kuljettaessa. Pelkästään ylitsesidonnalla on kuitenkin vaikeaa saavuttaa riittävä kuormansidonta eteenpäin suuntautuvia voimia vastaan, mikäli sidontaliina on kuormatilan sivuilla, kuten yleensä on.

Tästä syystä etusidontaan on kiinnitettävä erityistä huomiota ja eteenpäin suuntautumista kuorman liikkumista estämään on syytä käyttää ylitsesidontaa tehokkaampia kuormanvarmistusmenetelmiä.

Kuormansidontatarpeen määrittämisessä olevissa laskentatavoissa on maakoh-
taisia eroja, sillä eri maissa on erilaiset kuormansidontamääräykset. Suomen kuormansidontamääräykset ovat keskimääräistä tiukemmat kuin muualla Euroopassa, jossa kuormansidonnan on saavutettava eteenpäin 8 m/s^2 :n kuormanpidätyskyky, kun se suomalaisessa lainsäädännössä on 10 m/s^2 .

Tutkimustulokset ja niistä tehdyt laskelmat osoittavat, että kuormansidontaväli-
neen kireydellä on suuri merkitys kuormansidontakykyyn. Suomalaisissa kuormansidontaoppaissa tätä asiaa ei ole huomioitu millään tavalla, vaan esimerkiksi ylitsesidonnan osalta kuormaliinan sidontavoimana pidetään 25 prosenttia kuormaliinan nimellislujuudesta. (Jukkara ym. 2008, 90.)

Mittaustulosten analysoinnin yhteydessä omasta näkökulmasta tarkasteltuna kuormansidonnän laskentatapojen ja määritelmien väliset erot tulivat konkreettisemmaksi, kun vertaili eri laskentatavoilla ja suositusarvoilla ylitsesidonnän kuormansidontakykyä. Laskennallisesti suurimmat merkitykselliset voimat ovat kitkavoima, johon vaikuttavat kuorman ja kuormatilan lattian välinen kitakerroin, kuorman massa ja kuormaliinan kireys sekä kiihtyvyydet eli liikevoima, joita vastaan kuormaa sidotaan.

Onnistuin mielestäni opinnäytetyössäni suhteellisen hyvin osoittamaan, minkä verran tämän tyyppisissä kuljetuksissa kuormaliinat löystyvät sekä sen, mitä löystyminen merkitsee kuormansidonnän kannalta. Tässä opinnäytetyössä käytetyistä Excel-taulukoista on mielestäni tämä yhteys selvästi havaittavissa.

Itselleni suurin merkitys tässä opinnäytetyössä on ollut havaita, mitkä seikat vaikuttavat kuormansidontakykyyn eniten, miten sen voi laskea, sekä itse mittaustulosten mukaisilla arvoilla tehdyt laskelmat. Yllätys itselleni tätä työtä tehdessäni on ollut se, kuinka paljon on joutunut laskemaan ja sitä varten opiskelemaan ja syventymään fysiikkaan. Nyt minulla on parempi näkemys kuormansidonnän laskennalliseen määrittämiseen ja minun on mahdollista ratkaista erilaisten kuormien sidontoihin liittyviä ongelmia.

Opinnäytetyötä tehdessäni sivutuotteena syntyi Excel-pohjainen laskentapohja ylitsesidonnän kuormansidontakyvyn laskemiseksi, samaa kaavaa käytävä muunnos tarvittavien kuormaliinoiden laskemiseksi, sekä mittausten yhteydessä kuvatusa videomateriaalista koostettu opetusvideo toiminnasta lastaus/purkupaikalla, sekä paljon kuvamateriaalia omaan käyttöön opetuksessa. Tämän opinnäytetyön mittaustulokset herättivät kiinnostusta myös yhteistyökumppaneissa, joten yhteistyö ja viestintä näiden tahojen kanssa tulee jatkumaan myös tämän opinnäytetyön julkaisemisen jälkeenkin.

Riittävä kuormansidonta eteenpäin, riittävän kireälle kiristetyt kuormansidontaliinat, kuormatilan ja kuorman välinen kitka, johon vaikuttavat kuormatilan lattian puhtaus ja kunto, sekä kuormansidontaliinoiden jälkikiristys kuljetuksen aikana ovat kuljettajan ajotavan lisäksi merkittäviä tekijöitä maantiekuljetuksien turvallisuutta parantavia tekijöitä. Tämän tutkimuksen perusteella optimaalisin ajankohta jälkikiristykselle olisi 35–85 kilometrin päässä lastauksesta.

Tämä opinnäytetyö herätti myös tutkimuksellisia lisäkysymyksiä. Vieläkö kuormansidonta löystyy, mikäli se kuljetuksen aikana jälkikiristetään? Riittääkö yksi jälkikiristys matkan aikana, jotta kuormansidonta pysyy loppumatkan riittävän kireällä? Tämän opinnäytetyön jatkoksi kiinnostaisi laajentaa mittauksia myös perävaunuun, tutkia lisää kuormansidonnän muutoksia eri kuormansidontamenetelmillä, sekä tehdä kokeita kitkakerrointen laskemiseksi ja kokeilla käytännössä, miten eteenpäin liikkumaan päässyt kuorma ja kuormansidonta käyttäytyvät kuormatilassa. Kiristyykö ylitsesidonnalla tehty kuormansidontaliina kuorman liikkuessa niin paljon, että se riittää pysäyttämään liikkeelle lähteneen kuorman?

Näihin tutkimuksellisiin kysymyksiin saattaa tulla lisäselvyyttä joskus tulevaisuudessa esimerkiksi jossain diplomi-insinöörin lopputyössä.

LÄHTEET

Ajoneuvon kuormaamista ja kuorman varmistamista koskevat ohjeet. 2004. SKAL ry.

Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1992/1257).

Eskelinen, M. 2019. Lähettämö-esimies. Sähköpostikeskustelu 2.10.–13.11.2019. Anaika Wood Group Ltd Oy.

Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014. 2014. Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto.

FIX Road käyttöohje. Network engineering Oy Ab:n verkkosivut 2019. Saatavissa: <https://nwe.fi/wp-content/uploads/2019/06/fix-road-ja-strap-manual-fi-2019.pdf>. [Viitattu 1.12.2019].

HB- 50-vuotta. 2019. HB-Betoniteollisuus Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.hb.fi/hb-betoniteollisuus-oy/historia.html>. [Viitattu 4.12.2019].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2014. Tutki ja kirjoita. 19. painos. Helsinki: Tammi.

JAMK Logistiikka. 2014. Tavaraliikenneyrittäjä. Jyväskylä: Grano Oy.

Jukkara, M., Keskinen, E., Moilanen, P. & Rintee, T. (toim.) 2008. Autokoulun KUORMA-AUTOKIRJA. Jyskä: SkooB Oy.

Järvi-Kääriäinen, T. & Ollila, M. 2007. Toimiva Pakkaus. Helsinki: Hakapaino Oy.

Kaps, H. 2011. Securing cargo in road transport- Who knows the truth? PDF-julkaisu. Saatavissa: http://www.tis-gdv.de/tis_e/Is/Is_im_strassenverkehr/Ladungssicherung_im_Strassenverkehr.pdf. [viitattu 24.11.2019].

Kuormansidonnin käsikirja 2004. Logy ry. PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://kiinnikekeskus.fi/wp-content/uploads/2015/10/Kuormansidonta.pdf>. [viitattu 4.4.2019].

Kuormanvarmistus maantiekuljetuksissa. Pikaopas. 2014. Ätta.45 Tryckeri AB.

Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä 14.12.1982/940.

Lindh, J. & Väänänen, T. 2019. Poliisipartioiden johtajat. Henkilökohtainen haastattelu 7.3.2019. Suomen Poliisivoimat.

Matkailun tuotekehittäjän käsikirja. Garcia-Rosell, García-Rosell, J., Kylänen, M., Pitkänen, K., Tekoniemi-Selkälä, T. & Vanhala, A. 2010. Saatavissa: <http://matkailu.luc.fi/Tuotekehitys/Etusivu>. [viitattu 25.5.2019].

NWE. 2019. Network Engineering Oy AB. WWW-dokumenti. Saatavissa: <https://nwe.fi/fi/company>. [Viitattu 5.10.2019].

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto, verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietovarasto. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus>. [Viitattu 21.04.2019].

SKAL. 2009. Kuljettajan käsikirja 2009.

Tieliikennelaki (1981/267), Finlex 2019. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>. [Viitattu 23.11.2019].

Tieliikennelaki (729/2018), Finlex 2019. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180729#Pidp446277168>. [Viitattu 23.11.2019].

Yritysinfo. 2019. Saatavissa [<http://www.haklift.com/yritysinfo/>]. [Viitattu 3.12.2019].

Weissenberg, K. 2019. Tekninen johtaja. Sähköpostikeskustelu 2.1.2019.2019- 3.10. NWE Network Engineering Oy Ab.

KUVALUETTELO

Kuva 1. Tuotekehitys kuljettajien ja valvovan viranomaisen arjessa on jatkuvaa oman toiminnan kehittämistä. Garcia-Rosell, J. ym. 2010

Kuva 2. Anaika woodin tuotantolaitosten ja raaka-aineen hankinta-alueiden sijainti. Eskelinen, M. 2019

Kuva 3. Anaika Wood Groupin toimipisteiden tuotannon volyymit ja lajikkeet. Eskelinen, M. 2019

Kuva 4. Anaika Woodin jalostettuja tuotteita. Eskelinen, M. 2019

Kuva 5. Mittarin lukema ennen kalibrointia. Ruotsalainen, V. 4.3. 2019

Kuva 6. Mittarin lukema kalibroinnin jälkeen. Ruotsalainen, V. 4.3. 2019

Kuva 7. Tutkimusvälineitä asetettuna paikoilleen kuormatilassa. Ruotsalainen, V. 4.3.2019.

Kuva 8. Kuorman lastausta Anaika Woodilla. Ruotsalainen, V. 4.3.2019

Kuva 9. Yhdistelmäajoneuvo kuorman sidonnan kireyden mittauspaikalla Toivalassa. Ruotsalainen, V. 5.3.2019

Kuva 10. Mittarin esittelyä Poliisille. Ruotsalainen, V. 7.3.2019

Kuva 11. Kuvassa opiskelija sitomassa perävaunun kuormaa Someron tehtaalla. Ruotsalainen, V. 4.5.2019.

Kuva 12. Vetoauton kuorma sidottuna Someron BT-Betoniteollisuuden tehtaalla. Ruotsalainen, V. 4.5.2019

Kuva 13. Jyväskylän HB-Betoniteollisuuden tehtaalta noudetun kuorman sijoittelu ja sidonta autoon. Ruotsalainen, V. 6.5.2019

Kuva 14. Viimeinen sahatavarakuorma koostui useammasta pienemmästä nipusta. Ruotsalainen, V. 6.3. 2019

Kuva 15. ADR-kuljetus, joka tarkastettiin valvonnan yhteydessä. Ruotsalainen, V. 7.3. 2019

Kuva 16. Yrityksen oma sinetti asennettuna ajoneuvon oveen. Ruotsalainen, V. 7.3. 2019

Kuva 17. Osa valvonnassa mitatuista kuormista oli hyvinkin löysällä. Ruotsalainen, V. 7.3.2019

Kuva 18. Painopaperikuorma kuormanvarmistuksen tarkistuksessa. Ruotsalainen, V. 7.3.2019.

Kuva 19. Osassa kuormien sidonnoista oli vakavia puutteita. Ruotsalainen, V. 7.3.2019.

Kuva 20. Someron kuorman sidonta vetoautossa. Ruotsalainen, V. 4.5. 2019.

Kuva 21. Jyväskylän kuorma lisalmessa ennen purkamista. Ruotsalainen, V. 7.5. 2019

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Ensimmäisen kuorman kuormaliinojen kireydet mittauspisteittäin kuormaliinakohtaisesti esitettynä. Ruotsalainen, V. 2.7.2019

Taulukko 2. Toisen kuorman mittaustulokset. Ruotsalainen, V. 2.7. 2019

Taulukko 3. Kuorman 3 mittausten tulokset. Ruotsalainen, V. 2.7. 2019

Taulukko 4. Kuorman 4 mittausten tulokset. Ruotsalainen, V. 2.7. 2019

Taulukko 5. Kuorman 5 mittausten tuloksia. Löystymistä voi tapahtua, vaikka ajoneuvo ei liiku. Ruotsalainen, V. 2.7. 2019

Taulukko 6. Someron kuormalla tehdyt mittaukset. Ruotsalainen, V. 2.7.2019

Taulukko 7. Kuormaliinojen kireydet Somerolla kiristimen puolelta ja kuorman päältä mitattuna nipusta. Ruotsalainen, V. 2.7.2019

Taulukko 8. Someron kuorman löystymisen tarkastelu kiristimen puolelta mitattuna nipusta. Ruotsalainen, V. 3.8.2019

Taulukko 9. Jyväskylän kuormalla tehdyt mittaukset nipusta. Ruotsalainen, V. 3.8. 2019

Taulukko 10. Jyväskylän kuorman kireydet päältä ja seinän puolelta mitattuina Jyväskylässä ja lisalmessa nipusta. Ruotsalainen, V. 9.10.2019

Taulukko 11. Kitkan ja sidontavoiman välisen suhteen tarkastelua kuormaliinan eri kireyksillä nipusta. Ruotsalainen, V. 31.12.2019

Taulukko 12. Kireyden muutoksen vaikutus kuormansidontakykyyn kitkakertoimen arvoilla 0,45 ja 0,3 nipusta. Ruotsalainen, V. 31.12.2019

Avoimet haastattelukysymykset Poliisille

- Onko kuormat yleensä sidottu hyvin?
- Minkälaisia puutteita kuormansidonnassa on tyypillisesti?
- Miten kuormansidontaa valvotaan?
- Kuinka kuormansidontavälineiden riittävä kireys kokeillaan valvon-
nassa?
- Minkä verran liikennevalvonnan yhteydessä havaitaan liian löysiä si-
dontavälineitä/sidontavöitä?
- Minkälainen mielikuva Poliisilla on kuormansidonnoista yleensä?
- Onko tiettyntyyppisten kuormien sidonnassa/kuljetuksissa havaittu eri-
tyisesti puutteita?
- Miten usein kuormansidontaan joudutaan puuttumaan?